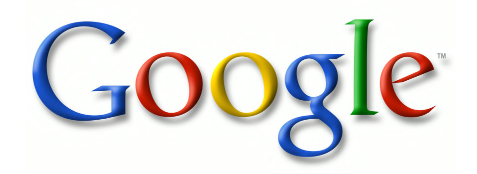
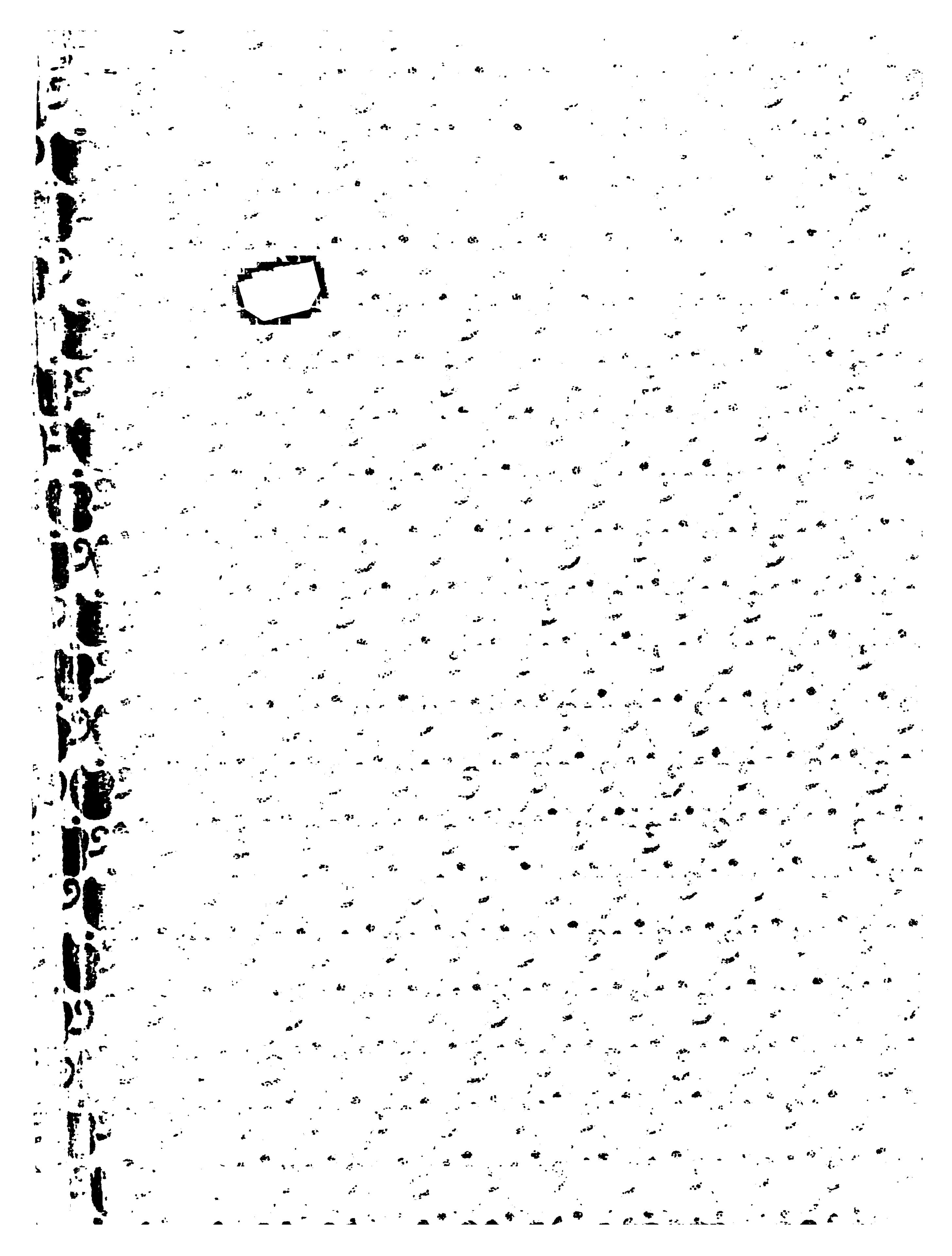
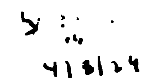






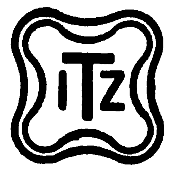
# DER BETON

und

## seine Anwendung

von

**Feodor Ast.**



**1907.**

Verlag: Tonindustrie-Zeitung G. m. b. H.

**BERLIN NW. 21**

Dreysestr. 4.

# Vorwort.

Die freundlich ermunternden Zuschriften aus dem Leserkreise meines Buches über die Herstellung von Zementröhren haben mir Veranlassung gegeben, dem Werkchen eine weitere Ausdehnung zuteil werden zu lassen und das vorliegende Buch über den Beton und seine Anwendung im Bauwesen zu schreiben. Ich hoffe, daß ich damit vielfachen Wünschen entgegenkomme. Wenn auch in der Literatur Einzelabhandlungen über den Beton in den verschiedenen Fachblättern ziemlich häufig zu finden sind, so fehlt es doch an einer übersichtlich geordneten Zusammenstellung. Bei der überraschenden Unkenntnis, welche selbst in Baukreisen so oft über den Betonbau zu finden ist, erscheint ein Werk, welches das Wissenswerte über den Beton zusammenfaßt, dringend erforderlich, sofern es unter möglichster Vermeidung langatmiger theoretischer Auseinandersetzungen aus der Praxis heraus geschrieben ist. Ich gestehe gern ein, daß ich nur zögernd mich entschloß, ein solches Buch zu schreiben, das allen Anforderungen Genüge leisten soll, und ich muß meine Leser von vornherein bitten, etwa vorhandene Lücken zu entschuldigen, denn bei dem großen Reichtum an Stoff, welcher verarbeitet werden muß, ist es kaum zu erreichen, daß überall ein vollständiges Bild geboten werden kann. Ich bin mir wohl bewußt, daß hier und da manches ausführlicher hätte behandelt werden können.

Ich habe mich bemüht, den Stoff übersichtlich zu ordnen, sodaß dem Praktiker das Aufsuchen des Gewünschten möglichst erleichtert wird. Besondere Aufmerksamkeit habe ich, wie schon oben bemerkt, der praktischen Ausführung von Betonarbeiten aller Art gewidmet, insbesondere bin ich bestrebt gewesen, diejenigen kleinen Kunstgriffe möglichst eingehend zu schildern, von denen oft das Gelingen des ganzen Werkes abhängig ist. Manches Gute dringt nur deshalb nicht in weitere Kreise, weil es nicht bekannt gegeben wird, teils aus geschäftlichen Rücksichten, teils aber auch, weil man sich daran gewöhnt hat, manches

als Geheimnis zu betrachten, was sich bei einigem Nachdenken ganz von selbst ergibt, und aus diesem Grunde in Wirklichkeit längst Allgemeingut geworden ist.

Wenn auch der Portlandzement als bester Mörtelbildner beim Betonbau der Neuzeit fast ausschließlich Anwendung findet, so habe ich doch auch die anderen Mörtelbildner (Eisenportlandzement, Schlackenzemente, Romanzemente, Kalk, Gips u. s. w.) ziemlich eingehend behandelt, schon aus dem Grunde, um die Unterschiede der daraus hergestellten Betonarten besser hervorheben zu können, andererseits aber auch, weil manche dieser Mörtelbildner in gewissen Zweigen des Betonbaues, z. B. bei der Herstellung der Platten, sachgemäße Anwendung finden.

**Der Verfasser.**

# Inhaltsverzeichnis.

# Einleitung.

Unter Beton versteht man einen Baustoff, der aus einem oder mehreren Mörtelbildnern und Zuschlagstoffen verschiedener Art besteht, wobei diese Stoffe innig gemischt und durch Wasserzusatz in verarbeitungsfähigen Zustand versetzt werden, also, im allgemeinen genommen, einen Mörtel.

Vom gewöhnlichen Mörtel unterscheidet sich der Beton dadurch, daß er nicht dazu dienen soll, Bausteine von mehr oder weniger gleichartiger Form in bestimmter Ordnung aneinander zu kitten, wie es beim Mörtel der Fall ist, sondern der Beton bildet an sich selbst den Mauerkörper und dient als alleiniger Baustoff. Er stellt somit ein Mauerwerk aus ungeformten Massen dar, d. h. der grobe Mörtel, aus dem das Betongemenge besteht, bildet den eigentlichen Bestandteil des Mauerwerkes. Ein Bauwerk aus Beton besteht also nicht aus einzelnen regelmäßig geformten und in Verband liegenden Einzelteilen, sondern ist vielmehr in einem Guß aus einem Grobmörtel hergestellt. Auf dieser eigenartigen Anwendung des Betons beruht ein großer Teil der Vorzüge, welche der Betonbau im Gegensatz zu anderen Bauweisen aufzuweisen hat.

Da das allseitige Bestreben der Baufachleute dahin geht, feste Begriffserklärungen zu schaffen, halten wir es für zweckmäßig, wenn der Fachschriftsteller hier vorbildlich wirkt. Um einheitliche Bezeichnungen einzuführen, werden wir in vorliegendem Werke nachstehende Ausdrücke festlegen: Unter „Betongemenge" verstehen wir das trockene Gemisch der einzelnen Stoffe (Mörtelbildner, Zuschlagstoffe, Steinbrocken, Geröll, Sand u. ä. m.), mit „Betonmasse" bezeichnen wir den nassen, fertig gemischten Betonmörtel und „Beton" nennen wir die abgebundene Betonmasse.

Ein aus Beton bestehendes Mauerwerk oder sonstiger Bauteil bildet also immer ein einheitliches Ganzes, und der aus Beton hergestellte Baukörper wird daher in bezug auf sein Verhalten auch vielfach andere Eigenschaften aufweisen, als ein aus Einzelteilen zusammengekitteter Baukörper, dessen einzelne Teile in mehr oder weniger fester Verbindung miteinander stehen. Bei ungleichmäßiger Beschaffenheit des Baugrundes kommt es z. B. bei Bauwerken aus Einzelformstücken (Ziegel- oder Quaderbau) nicht selten vor, daß sich das Bauwerk nach der Fertigstellung un-

gleichförmig setzt. Die dünne Mörtelschicht, welche die Einzelformstücke miteinander verkittet, ist dann in den meisten Fällen nicht imstande, den großen örtlichen Beanspruchungen genügend Widerstand entgegensetzen zu können. Das Gebäude bekommt dann naturgemäß Risse, welche die beabsichtigte statische Wirkung der einzelnen Bauteile an sich und zu einander arg gefährden oder auch völlig aufheben können. Bei richtig und sachgemäß ausgeführten Betonbauten ist diese Gefahr kaum vorhanden, denn der aus einheitlichem Stoff errichtete Mauerkörper verteilt solche örtlich auftretenden Beanspruchungen auf die ganze Masse des betreffenden Bauteiles.

Es ist sehr schwer, den Begriff „Beton" genau zu erklären, und wir werden die Erklärung am besten dahin zusammenfassen, wenn wir sagen: Beton ist ein Grobmörtel, welcher, an sich eine formlose Masse bildend, in mehr oder weniger bildsamen Zustande in eine bestimmte gewünschte Form gebracht wird und dort zu einem steinartigen festen Körper erhärtet.

Die Anwendung des Betons zur Herstellung von Baukörpern aller Art ist sehr alt und keineswegs, wie man häufig anzunehmen geneigt ist, eine Errungenschaft der Neuzeit, ja man kann sogar behaupten, daß wahrscheinlich die Anwendung des Betons so alt wie die Menschheit ist, denn, wenn man gewisse natürlich vorkommende Erdarten, wie z. B. Lehm oder Ton als Bindemittel im weiteren Sinne betrachten will, kann man sagen, daß die ersten Hütten, welche sich mit Hilfe dieser Erdarten der schutzbedürftige Mensch der Urzeit gegen die Unbilden des Wetters errichtete, dem Betonbau angehören. Allerdings kann hier der Einwand geltend gemacht werden, daß diese Betonbauten von dem, was man heute unter Betonbau versteht, wesentlich verschieden sind, indessen ist auch hier der Grundsatz festgehalten, eine an sich formlose Masse beim Aufbau in bestimmte bleibende Form zu bringen. Der Betonbau war schon den alten Römern bekannt. Vitruvius, Palladius und andere alte Baukünstler schreiben, daß man Bauwerke aus Beton als Mauerwerk schon damals in der Weise herstellte, daß man dazu Kästen aus Brettern benutzte. Caligula erbaute in der Nähe von Neapel eine Mole aus Beton. Auch in England finden wir Reste von alten Betonbauten, so z. B. in Reeding Abbey, Colchester, Castle, Corfe u. a. mehr. Man hat auch in anderen Ländern Ueberreste solcher Bauwerke gefunden, z. B. in Mexiko, kurz, es steht außer Frage, daß die Betonbaukunst keine Errungenschaft der Neuzeit ist. Merkwürdigerweise scheint jedoch die Kunst des Betonbaues jahrhundertelang verloren gegangen zu sein, und erst am Anfang des vorigen Jahrhunderts findet man die ersten Anfänge des Betonbaues wieder. Wir wollen erwähnen, daß alle diese Bauten in der Hauptsache aus Kalkbeton hergestellt worden sind. Wenigstens haben die Römer fast durchgängig Kalkbeton verwendet und die Anwendung der Santorinerde und der in der Natur vorkommenden Puzzolane scheint erst später in

Gebrauch gekommen zu sein. Es ist interessant, festzustellen, daß die alten Römer nicht nur den Beton als Schüttbeton in Anwendung brachten, sondern, daß sie auch bereits Blöcke aus Beton herstellten, welche sie dann nach der Fertigstellung in gleicher Weise, wie dies beim Werkstein und Quaderbau üblich ist, versetzten.

Anfang des verflossenen Jahrhunderts scheint der Betonbau zuerst in England und Frankreich festeren Fuß zu fassen, wahrscheinlich ist das Zuchthaus von Milbank das erste Gebäude, welches auf einem Betonfundament errichtet wurde. Anlaß zur Anwendung des Betons hierbei gab merkwürdigerweise der Bau der Waterloobrücke über die Themse. Bei den Ausgrabungen, welche für die Widerlagspfeiler der erwähnten Brücke stattfanden, stieß man auf einen außerordentlich harten Fels, welcher sich bei näherem Zusehen als eine große Ablagerung von Kalkbeton herausstellte. Das Vorkommen dieser Ablagerung ist nur dadurch zu erklären, daß wahrscheinlich einmal ein mit hydraulischem Kalk beladenes Schiff auf irgend eine Weise in der Themse gesunken ist und sich der Kalkbrei mit dem Geschiebe des Flusses vermischte und zur Ablagerung an eine Uferstelle gelangte. Diese erhärtete Masse wurde von Robert Smirke zum Bau des Fundamentes des vorerwähnten Zuchthauses benutzt.

Es würde wissenswert sein, feststellen zu können, ob Dekins Bull die Verwendung von Betonfußböden im Auge hatte, als er im Jahre 1633 ein Patent nachsuchte „für sichere Herstellung aller Arten Plattformen und Balkons oder anderer Räume, welche zu Bauten gehören, sodaß weder Feuer noch Wasser irgendwie die Häuser gefährden oder verletzen können, welche mit vorliegender Masse bekleidet werden. Er kann diese Bekleidung mit geringen Mehrkosten ausführen, als es gegenwärtig den Bauleuten möglich ist und kann nachweisen, daß das Material haltbar, gut im Aussehen, gesund und vorteilhaft für das Gebäude ist, wie es auch dasselbe vor Feuers- und Wassergefahr schützt“ u. s. w.

Da zu jener Zeit die Abfassung der Patentansprüche eines gesetzlich zu schützenden Verfahrens nicht durch die Behörde geprüft wurde, so wissen wir nicht, was es für eine Bewandnis mit Dekins Verfahren gehabt hat. Aber seine Patentansprüche waren, wie man ersehen kann, ganz dieselben wie die der neueren Patente, welche für feuersichere Bauteile nachgesucht werden.

Im Jahre 1829 erfand ein englischer Arzt, namens Fox, eine Betondecke, die sich mehrere Jahrzehnte hindurch in England einer großen Verbreitung erfreute. Er verwendete dazu gußeiserne Träger, auf deren untere Flanschen er einen Rost dünner Latten legte, den er oben mit einer Schicht Mörtel bedeckte, welcher in die Zwischenräume zwischen den Latten eindrang und gleichzeitig dazu diente, den unteren Putzbewurf zu tragen. Dann füllte er mit grobem Betonmörtel den Raum zwischen den Trägern an, worauf auch die obere Seite mit einer Mörtelschicht verputzt wurde. Die Fox'schen Decken wurden durch den Baumeister

Barrett ausgeführt und noch im Jahre 1864 berichtet die englische Zeitschrift „Builder“, daß solche Decken bei zahlreichen Gebäuden in Gebrauch seien.

In Frankreich ist anscheinend die Anwendung des Betons zu Bauzwecken noch älter als in England. Wenigstens ist dort bereits im Jahre 1816 eine Brücke aus Romanzementbeton über die Dordogne bei Souillay erbaut worden. Man benutzte als Mörtelbildner für diesen Beton den hydraulischen Kalk von Teil, welcher auch heut noch, wie wir später sehen werden, vielfache Anwendung findet. Außerdem stand auch der Betonblockbau eine Zeit hindurch in Frankreich, vorzüglich bei Hafenbauten, im Dienste der Technik.

In Deutschland war es die Firma A. Sattré in Düsseldorf, welche zuerst Beton anwendete. Im Jahre 1865 schloß sich dieser Firma in der Anwendung des Betons die Firma Dyckerhoff & Widmann in Karlsruhe an, jedoch ist zu bemerken, daß Stampfbeton in Württemberg bereits bekannt war, denn in der 1833 gegründeten Romanzementfabrik Leube in Ulm wurden schon anfangs der 50er Jahre Gründungsbauten, Treppen, Mauern und anfangs der 60er Jahre Decken und Fußböden in Stallungen aus Stampfbeton hergestellt.

Seit dieser Zeit entwickelte sich der Betonbau langsam, aber stetig. Man brachte dem Beton anfangs überall ein ziemliches Mißtrauen entgegen, und erst die Erfindung des Portlandzementes begünstigte die weitere Anwendung des Betons. In der letzten Hälfte des verflossenen Jahrhunderts hat der Betonbau einen früher ungeahnten Aufschwung genommen und heute ist er auf seinem Siegeszug durch die ganze Welt in erfreulichem Fortschritt begriffen, besonders in Amerika, Frankreich, Belgien und nicht zum wenigsten in Deutschland und Oesterreich.

Einen neuen Anstoß zur Ausbreitung des Betonbaues gab die Erfindung Moniers im Jahre 1861, welche sich später zu einem besonderen Zweig des Betonbaues, dem Eisenbetonbau, herausbildete. Wenn auch der Eisenbetonbau in einem besonderen Abschnitt dieses Buches behandelt werden wird, so sei jedoch gleich an dieser Stelle hervorgehoben, daß der Eisenbetonbau dazu berufen erscheint, den reinen Betonbau mit der Zeit mehr und mehr zu verdrängen, weil seine Vorzüge immer mehr mit seiner fortschreitenden Entwickelung gewürdigt werden. Als solche Vorzüge verdienen hauptsächlich seine außerordentliche Anpassungsfähigkeit an alle Verhältnisse, die Schnelligkeit der Ausführung, die Wohlfeilheit und die wirtschaftlich günstige Ausnutzung der besonderen Eigenschaften der beiden Baustoffe Beton und Eisen bei richtiger Anwendung hervorgehoben zu werden. Dazu kommt noch die Leichtigkeit der äußeren Erscheinung der aus ihm hergestellten Bauwerke, welche es ermöglicht, bei der Formgebung den Schönheitsgesetzen voll Rechnung zu tragen, ohne der Festigkeit und Sicherheit der Bauwerke Abbruch tun zu müssen.

Als besonderer Zweig des Betonbaues hat sich nach und nach die

Herstellung von Einzelgegenständen herausgebildet, wie z. B. die Anfertigung von Viehtrögen, Ausgüssen, tragbaren Behältern aller Art zu den verschiedensten Zwecken. Die Entwickelung der Elektrotechnik hat in den letzten beiden Jahrzehnten für die Herstellung neuer Gegenstände kräftigen Anstoß gegeben. Hierzu gehören vor allem die Kästen für unterirdische Kabelleitungen, Einsteigeschächte und ähnliche Einzelteile, welche in der Werkstatt hergestellt und dann dem Erdreich einverleibt werden. Einen der ältesten Zweige des Betonbaues dieser Art bilden die Röhren, welche aus Beton, hauptsächlich für die Durchleitung von Flüssigkeiten, hergestellt werden. In den letzten Jahren hat auch die Anfertigung von Mauersteinen, Dachplatten und ähnlichen Einzelstücken eine bedeutende Zunahme erfahren. Es ist beinahe unmöglich, alles das aufzuzählen, was in neuerer Zeit in diesem Zweige geleistet wird. Um nur einiges davon zu erwähnen, führen wir Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen, Einfriedigungspfosten, Bordschwellen, Grenzsteine und ähnliches an. Mehr und mehr verdrängt der Beton das Holz und fast täglich machen sich neue Anwendungen auf diesem Gebiete bemerkbar, und es ist vorläufig noch nicht abzusehen, welche Ausdehnung der Beton auch nach dieser Richtung einnehmen wird. Seitdem der Eisenbeton mehr und mehr Verbreitung findet, hat auch er in diesem Zweige bemerkenswerte Fortschritte gemacht und die Zeit wird lehren, wie weit er sich dies Gebiet noch erobern wird.

# Betonarten.

Beton kann, wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, unter Zuhilfenahme der verschiedenartigsten Mörtelbildner hergestellt werden. Es hängt aber von den Umständen ab, welcher Mörtelbildner in Frage kommt, wobei in erster Linie berücksichtigt werden muß, welchem Zweck das aus Betonmasse herzustellende Bauwerk dienen soll, und welche sonstigen Ansprüche daran gestellt werden. Der Bauausführende wird also seine Wahl unter dem Mörtelbildnern zu treffen haben, bevor er das Werk beginnt. Es ist deshalb unerläßlich, daß man über die besonderen Eigenschaften der einzelnen Mörtelbildner genau unterrichtet sein muß, wenn man keinen Fehlgriff tun will, der von vornherein ein Mißlingen des Werkes zur Folge haben muß. Es ist natürlich in wirtschaftlicher Beziehung nicht gleichgiltig, ob man Zementbeton anwendet, wenn man mit Kalk oder Gipsbeton den Anforderungen Genüge leisten kann, und es bedarf daher der sorgfältigen Ueberlegung, welchen Stoff man zu wählen hat. Es wäre z. B. von wirtschaftlichem Standpunkt aus falsch, wenn man in einem Gebäude leichte Zwischenwände, die keinerlei Belastung auszuhalten haben, in allen Fällen aus Zementbeton herstellen wollte. Hierbei würde Gipsbeton meistens völlig genügen und viel wohlfeiler sein. Andererseits kann aber auch der Fall eintreten, daß man einen an und für sich nicht besonders wichtigen Bauteil, der nur mäßig belastet wird, aus Zementbeton herstellen muß, um der Wirtschaftlichkeit keinen Abbruch zu tun. Wir wollen deshalb nachstehend der Reihe nach die besonderen Eigenschaften der einzelnen Betonarten näher betrachten, um uns auf diesem Gebiete zurechtfinden zu können.

## Zementbeton.

Unter Zementbeton im weiteren Sinne versteht man alle diejenigen Betonarten, welche als Mörtelbildner Zement benutzen. Wir kennen unter dem Sammelnamen „Zement“ eine ganze Reihe von Mörtelbildnern, welche im Handel vorkommen. Es ist nicht immer ganz leicht, zu entscheiden, ob ein Mörtelbildner als Zement zu betrachten ist. Wir möchten die Begriffsbestimmung dahin zusammenfassen, daß als Zemente im weiteren

Sinne alle Mörtelbildner zu betrachten sind, welche Kieselsäure oder Magnesia in einer Form enthalten, die eine chemische Verbindung mit dem in allen Mörtelbildnern vorhandenen Kalk ermöglicht. Die durch den Zusatz von Wasser und den Abbindevorgang entstehenden neuen Verbindungen müssen dabei verkittungsfähige Eigenschaften in bezug auf die zur Betonherstellung verwendeten Zuschlagstoffe besitzen. Der wichtigste unter allen Zementen ist der Portlandzement. Portlandzement kommt für die Bereitung des Zementbetons in erster Linie in Betracht, weil er, dank der Entwickelung der heutigen Portlandzementindustrie, in hervorragender, gleichbleibender Güte auf künstlichem Wege hergestellt werden kann, und weil er besondere Eigenschaften aufweist, welche ihn hoch über andere Zemente stellen. Zu diesen Eigenschaften ist in erster Linie seine hohe Eigenfestigkeit zu rechnen, ferner seine Widerstandsfähigkeit gegen Wetter- und Wärmeeinflüsse, die Sparsamkeit im Verbrauch, seine Wohlfeilheit und vor allen Dingen seine hydraulischen Eigenschaften. Portlandzement ist eins der wenigen Bindemittel, welche auch ohne Zuschläge, für sich allein genommen, unter Wasser erhärten und eine hohe Festigkeit annehmen. Man kann sagen, daß Zementbeton aus Portlandzement zu allen Zwecken im Bauwesen in erster Linie gebraucht werden kann und daß er vermöge seiner Ausgiebigkeit unter Umständen auch in den Fällen vorzuziehen ist, in welchen nur geringe Beanspruchung des Bauwerks erfolgt, da selbst sehr magere Betonmischungen aus Portlandzement den anderen fetteren Zementbetonarten in bezug auf Festigkeit bedeutend überlegen sind, wenn sie sachgemäß nach den Regeln der Kunst zusammengesetzt sind und an richtiger Stelle zur Anwendung gelangen.

Trotzdem kann es Gründe geben, welche auch andere Zemente als Portlandzemente für die Verwendung im Betonbau geeignet erscheinen lassen. Bei allen Bauten, welche, sei es aus Beton, sei es aus anderen Baustoffen, hergestellt werden, wird es zuerst darauf ankommen, die Beanspruchung der einzelnen Bauteile möglichst genau festzustellen. Auf Grund dieser Feststellungen wird man sich dann zu überlegen haben, mit welchen Baustoffen man am wirtschaftlichsten den gewünschten Zweck erreicht, denn es ist unter allen Umständen vom wirtschaftlichen Standpunkt aus falsch, einem Bauteil eine höhere Festigkeit zu geben, als die Beanspruchung, natürlich unter Innehaltung des notwendigen Sicherheitsgrades, erfordert. Um ein Beispiel anzuführen, wird man Klinkerziegel nicht dort anwenden, wo Hintermauerungsziegel genügende Festigkeit in Rücksicht auf die Abmessungen des Bauteiles zweifellos ergeben. Man muß also stets bestrebt sein, den einzelnen Bauteil so auszuführen, daß er allen Anforderungen auf Sicherheit genügt, und daß man diesen Sicherheitsgrad unter möglichst geringem Aufwand an Baustoffen und Geld erreicht. Wenigstens muß man sich immer bestreben, diesem Ziel so nahe als möglich zu kommen. Es kann sich also aus wirtschaftlichen Gründen im Einzelfalle empfehlen, statt des Portlandzementes bei-

spielsweise Romanzement, Schlackenzement oder irgend einen gemischten Zement beim Betonbau zu verwenden. Aus diesem Grunde wollen wir nachfolgend der Reihe nach die einzelnen Mörtelbildner und ihre besonderen Eigenschaften uns näher betrachten.

## Portlandzement.

Begriffsbestimmung: Portlandzement ist ein einheitlicher Mörtelbildner, welcher aus Kalkmergel oder künstlichen Mischungen ton- und kalkhaltiger Stoffe durch Brennen derselben bis zur Sinterung und darauf folgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit hergestellt wird.

Wie schon oben bemerkt, hat der Portlandzement fast immer die meiste Aussicht, in dem Wettbewerbe der einzelnen Zemente obzusiegen. Von vornherein ist ihm ein umfangreiches Feld gesichert, nämlich der Wasserbau und alles, was damit zusammenhängt, da es bei Wasserbauten in den meisten Fällen darauf ankommt, stark beanspruchte Bauteile herzustellen, welche den Angriffen des Windes und der Wellen auf die Dauer stand zu halten haben. Die Erhärtungsfähigkeit des Portlandzementes unter Wasser ist aber gegenüber allen anderen Zementen eine sehr hohe. Insbesondere überragt der Portlandzement die anderen Zemente in bezug auf magere Mischungen ganz erheblich. Hierzu kommt noch, daß Portlandzement eine sehr lange Erhärtungsdauer besitzt, d. h. die Festigkeit, welche er nach dem Abbinden unter Wasser erreicht hat, nimmt mit der Zeit zu. Soweit nach den bisherigen Versuchen feststeht, erhält Portlandzement seine höchste Festigkeit erst nach langen Jahren. Außerdem zeigt Portlandzement auch eine hohe Anfangsfestigkeit, die andere Zemente weit überragt. Da Portlandzement außer der eben geschilderten guten Wassererhärtung, die ihn als Wassermörtel ganz besonders geeignet macht, auch noch eine hohe Lufterhärtung zeigt, so ist er auch für diejenigen Bauten, welche nicht dauernd mit dem Wasser in Berührung kommen, ein hervorragender Mörtelbildner. Es ist eine überraschende Tatsache, daß in den letzten Jahrzehnten die Anwendung des Portlandzementes auch für Bauten, welche nicht ständig dem Wasser ausgesetzt sind, eine früher nie geahnte Zunahme erreicht hat, denn ursprünglich glaubte man, daß Portlandzement einzig und allein bei Wasserbauten angebracht sei. Man war der Ansicht, daß Portlandzement bei Luftbauten den zerstörenden Einflüssen der Witterung nicht auf die Dauer stand halten kann, ein Vorurteil, welches durch die Praxis längst widerlegt ist.

Bei der Herstellung von Einzelgegenständen aus Beton, z. B. für Röhren, Fußböden und Gehwegsplatten, sowie Dachplatten und ähnliche Gegenstände ist ebenfalls der Portlandzement Sieger geblieben. Die außerordentliche Härte, welcher der aus ihm hergestellte Beton annimmt, seine Gleichmäßigkeit, die Fähigkeit, auch in mageren Mischungen noch eine gute Verkittungsfähigkeit den Zuschlagsstoffen gegenüber zu besitzen,

hat ihm auch dieses Feld gesichert, trotzdem es nicht an Versuchen gefehlt hat, ihn durch andere Zemente aus dem Felde zu schlagen. Beton aus Portlandzement wird z. B. in allen den Fällen zur Anwendung gelangen müssen, wo eine verhältnismäßig hohe Belastung des Bauteiles stattfindet und der stützende oder tragende Querschnitt aus örtlichen Gründen verhältnismäßig klein ausfallen muß. Von allen anderen Baustoffen kommt in dieser Beziehung nur das Eisen als Wettbewerber in Betracht. Eine eiserne Säule trägt zweifellos mehr, als eine Betonsäule von gleichem Querschnitt aus Portlandzementbeton. Aber der Unterschied der Tragfähigkeit dieser Portlandzementsäule gegenüber einer Säule gleicher Abmessung aus anderen Zementarten ist so bedeutend, daß die anderen Zemente kaum vergleichsfähig erscheinen, selbst wenn man davon absieht, daß erfahrungsgemäß andere Zemente nicht immer in so gleichbleibender Güte hergestellt werden, als dies, im allgemeinen gesprochen, beim Portlandzement der Fall ist. Handelt es sich also um Betonbauteile, welche in der oben gekennzeichneten Weise beansprucht werden, so wird man immer gut tun, als Bindemittel für den anzuwendenden Beton Portlandzement zu wählen, wenn nicht ganz besondere Verhältnisse die Wahl eines anderen Bindezements rechtfertigen.

## Eisenportlandzement.

Begriffsbestimmung: Eisenportlandzement ist ein Zement, welcher zu 70 v. H. aus Portlandzement, zu 30 v. H. aus granulierter, fein gemahlener Hochofenschlacke besteht. Diese Art Zement erscheint erst seit einigen Jahren auf dem Zementmarkt und es fehlen bisher Erfahrungen darüber, ob er geeignet ist, den Portlandzement zu ersetzen. Seiner Zusammensetzung nach ist er als ein durch Zusatz von Schlackenmehl verdünnter Portlandzement zu betrachten, und nach den bisherigen Versuchen steht noch nicht mit Sicherheit fest, ob das nachträglich beigemischte Schlackenpulver in allen Fällen verkittende Eigenschaften zeigt, da Hochofenschlacke nicht immer hydraulische Eigenschaften besitzt. Eisenportlandzementbeton wird, da immerhin ein Teil Portlandzement darin enthalten ist, ähnliche Eigenschaften besitzen, als Portlandzementbeton. Jedoch ist dabei zu bedenken, daß der Zusatz von feinem Schlackenmehl in manchen Fällen lediglich als Füllstoff wirkt, etwa in gleicher Weise, wie dies bei Zusatz von Sandmehl der Fall ist. Wir werden an anderer Stelle über die Versuche, welche mit Eisenportlandzement angestellt worden sind, noch weiter berichten. Vorderhand wird es sich empfehlen, Eisenportlandzementbeton nur dort zu verwenden, wo es sich um die Herstellung größerer Mauermassen handelt, welche verhältnismäßig wenig belastet werden. Zu feineren Betonarbeiten, zur Herstellung von Dachsteinen, Röhren, Kunstgegenständen und ähnlichem hat nach den bisherigen Erfahrungen Eisenportlandzementbeton sich nicht bewährt, da die Zunahme

der Festigkeit an der Luft nicht im gleichen Maße erfolgt, wie bei der Verwendung von reinem Portlandzement. Außerdem hat man bei näheren Untersuchungen in einigen Fällen festgestellt, daß die Festigkeit des Eisenportlandzementes bei längerem Lagern schnell abnimmt, sodaß unter allen Umständen zu empfehlen ist, bei Verwendung von Eisenportlandzement nur frische Ware zu benutzen. Zu Putzzwecken ist Eisenportlandzement nicht zu verwenden, weil sich herausgestellt hat, daß nach Benetzung durch den Regen die Farbe beeinträchtigt wird. Es bilden sich dann häßlich aussehende grünliche Ausschläge von Calciumsulfid, welche aus den zur Herstellung des Eisenportlandzementes benutzten Hochofenschlacken herrühren, die immer einen hohen Gehalt an Schwefelverbindungen in Gestalt von Sulfiden aufweisen.

Es wird also in der Hauptsache die Verwendung von Eisenportlandzement zu Betonzwecken nur in besonderen Fällen zu empfehlen sein, schon aus dem Grunde, weil man beim Bezug von Eisenportlandzement niemals in der Lage ist, feststellen zu können, ob das zugesetzte Schlackenmehl an sich auch immer verkittende Eigenschaften aufweist.

## Eisen- oder Erzzement.

Begriffsbestimmung: Eisen- oder Erzzement ist als ein einheitliches Erzeugnis anzusehen, da er hinsichtlich der Zusammensetzung als Portlandzement betrachtet werden muß Er ist ein Zement, in welchem die im Portlandzement enthaltende Tonerde durch Metalloxyde ersetzt ist, wobei im übrigen das Brennen der Rohmischung und der weitere Herstellungsgang genau in derselben Weise erfolgt, wie beim Portlandzement.

Diese Art Zement wird nach dem D. R. P. No. 143604 von der Portlandzementfabrik Hemmor in Hemmor a. d. Oste hergestellt und er kommt für die Verwendung als Beton kaum in Betracht, sondern dient hauptsächlich zur Mörtelherstellung. Der aus ihm hergestellte Mörtel wird als Schutzüberzug bei Bauten im Meerwasser verwendet, da die Erfahrung gezeigt hat, daß Portlandzementbeton in vielen Fällen durch die dauernden Einwirkungen des Meerwassers chemisch angegriffen wird. Ob der Eisenzement zu diesem Zweck sich einbürgern wird, muß die Erfahrung lehren, da die Zeit noch zu kurz ist, um ein endgültiges Urteil hierüber abgeben zu können. Das D. R. P. ist erst am 12. Februar 1901 erteilt worden.

Vom chemischen Standpunkt genommen, dürfte dieser Zement seinen Zweck nach der beabsichtigten Richtung hin entsprechen. Jedoch ist zu bemerken, daß der Ersatz der Tonerde durch Metalloxyde naturgemäß die Herstellungskosten erhöht, und es wird daher die wirtschaftliche Frage bei der Verwendung von Eisenzement von besonderer Bedeutung sein.

## Romanzement.

Begriffsbestimmung: Romanzement ist ein Erzeugnis, welches aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen wird, und bei Netzung mit Wasser, im Gegensatze zu den hydraulischen Kalken, nicht löscht, sondern zu diesem Zweck durch mechanische Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden muß. Romanzemente gelangen als feines gelbes, braungelbes oder rötliches Pulver in den Handel.

Da die Zusammensetzung des Romanzementes in ziemlich weiten Grenzen wechselt, so kann man nur solche Romanzemente im Gegensatz zu Portlandzement zu Betonzwecken verwenden, von denen man sicher weiß, daß die erhaltene Festigkeit den Anforderungen entspricht. Romanzement wird also vorzugsweise dort Verwendung finden können, wo es weniger auf Festigkeit ankommt, z. B. bei der Herstellung von Putzmörteln, von Kunst- und Schmuckgegenständen für Bauten. Im südlichen Deutschland wird Romanzement vielfach auch zu Gründungsmauern für Wohngebäude verwendet, wenn die Abmessungen des Mauerwerks derartig sind, daß die im allgemeinen geringere Druckfestigkeit des Romanzementes die Anwendung von Romanzement gestattet, wobei hauptsächlich der geringere Preis dem Portlandzement gegenüber ins Gewicht fällt. Jedoch ist zu bemerken, daß die fortschreitende Entwickelung der Portlandzementherstellung mehr und mehr die Verwendung von Romanzement einschränkt. Während in früheren Jahren der Verbrauch an Romanzement in manchen Gegenden Deutschlands ziemlich bedeutend war, ist auch hier der Portlandzement in neuerer Zeit häufig bevorzugt worden. Fast alle Romanzemente binden schnell ab und erhalten eine ziemlich hohe Anfangsfestigkeit. Die Festigkeitszunahme während der Erhärtung ist jedoch, im Gegensatz zu Portlandzement, unbedeutend.

## Schlackenzement.

Begriffsbestimmung: Unter Schlackenzement versteht man einen aus granulierter Hochofenschlacke und kalkhaltigen Stoffen hergestellten Zement, wobei die natürlichen hydraulischen Eigenschaften mancher Schlakken ausgenutzt werden, um dem Erzeugnis Verkittungsfähigkeit zu geben. Aus dieser Begriffserklärung geht hervor, daß keineswegs jede Hochofenschlacke sich dazu eignet, ohne weiteres in gemahlenem Zustande Schlakkenzement zu ergeben. Die Granulierung der zur Schlackenzementherstellung geeigneten Hochofenschlacke erfolgt dadurch, daß man die feuerflüssige Schlacke durch Wasser oder Luft schnell abkühlt, wodurch sie in ein sandartiges Pulver zerfällt. In der Regel zeichnen sich die Schlakkenzemente durch eine lange Bindezeit im Gegensatz zu den vorher genannten Romanzementen aus. Schlackenzementbeton hat die Neigung, an der Luft rissig und bröckelig zu werden. Aus diesem Grunde ist er

lediglich nur dort anwendbar, wo der dauernde Einfluß der Feuchtigkeit vorhanden ist. Da die Schlackenzemente naturgemäß je nach Zusammensetzung der Schlacke und der Art der Aufbereitung eine sehr verschiedene Festigkeit erlangen, so ist selbstverständlich eine genaue Prüfung der besonderen Eigenschaften des zu verwendenden Schlackenzementes zu Bauzwecken durchaus notwendig. Zu allen Bauten an der Luft ist Schlackenzementbeton nicht zu empfehlen.

## Kalkbeton.

Zum Kalkbeton wird entweder Luftkalk oder hydraulischer Kalk als Bindemittel verwendet. Sehr häufig wendet man für die Herstellung von Kalkbeton Zuschläge von Traß oder Puzzolanen an, wenn es darauf ankommt, daß der Kalkbeton hydraulische Eigenschaften zeigen muß, d. h. wenn er mit dem Wasser in ständige oder zeitweilige Berührung tritt. Unter den heutigen Verhältnissen wird Kalkbeton nur noch selten angewandt. Es kann indessen vorkommen, daß bei Bauwerken, welche nur eine geringe Beanspruchung erfahren, Kalkbeton wohl angebracht erscheint, besonders dann, wenn wirtschaftliche Gründe seine Anwendnng ratsam erscheinen lassen. Die Festigkeit des Kalkbetons steht in allen Fällen der Festigkeit des Zementbetons bedeutend nach. Ferner zeigt der Kalkbeton den Uebelstand, daß er an der Luft nur sehr langsam erhärtet, so daß bei Ausführung größerer Arbeiten dieser Umstand berücksichtigt werden muß. Die Erhärtung des Kalkes erfolgt dadurch, daß das Kalkhydrat Kohlensäure aus der Luft aufnimmt und sich dadurch nach und nach wieder in kohlensauren Kalk umwandelt, dem das Kalkhydrat seine Herstellung verdankt. Wenn der Zutritt der Luft zu dem Kalkhydrat nur schwer erfolgen kann, so braucht das Kalkhydrat lange Zeit, bevor es sich in kohlensauren Kalk umwandelt.

Es hat sich herausgestellt, daß bei dicken Wänden, welche aus Kalkbeton hergestellt wurden, noch nach Jahren im Innern der Mauern das Kalkhydrat in der ursprünglichen breiartigen Beschaffenheit vorhanden war, weil es im Innern der Mauer nicht Gelegenheit hatte, sich durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft in kohlensauren Kalk umzuwandeln. Die Erhärtung wird also bei Bauten aus Kalkbeton um so schneller vor sich gehen, je mehr Hohlräume im Mauerwerk vorhanden sind, die den Luftzutritt nach innen begünstigen. Deshalb ist bei der Herstellung von Kalkbeton darauf zu achten, daß nicht mehr Kalk genommen wird, als zum sicheren Verkitten der Zuschlagsstoffe untereinander gerade gebraucht wird. Es lassen sich also zu Kalkbeton nur verhältnismäßig magere Grobmörtelmischungen verwenden. Kalkbeton, der einen Uebermaß von Kalkbrei enthält, schwindet stark und reißt. Durch das Eindringen des Wassers in die entstandenen Risse, welches

bei Frostwetter gefriert, wird solcher rissiger Kalkbeton dann bald zerstört. Es ist also bei der Verwendung von Kalkbeton auf diesen Umstand mehr zu achten, als es bei anderen Mörtelbildnern notwendig ist. Während man bei Zementbeton das Verhältnis zwischen Mörtelbildner und Füllstoffen in weiten Grenzen abstufen kann, um den jeweils erforderlichen Festigkeitsverhältnissen des Betons Rechnung zu tragen, ist dies beim Kalkbeton aus oben angeführtem Grunde so gut wie ausgeschlossen, was einen weiteren Uebelstand gegenüber dem Zementbeton bedeutet.

## Luftkalk.

Begriffserklärung. Luftkalke sind Erzeugnisse, gewonnen durch Brennen von Kalksteinen mit hohem Gehalt an kohlensaurem Kalk. Je nach den örtlichen Verhältnissen werden die Luftkalke in Stückenform oder hydratisiert in Pulverform in den Handel gebracht. Der im Handel vorkommende Luftkalk (Stückkalk) ist Aetzkalk, welcher dadurch gewonnen wird, daß man einen dichten oder kristallinisch-körnigen Kalkstein (kohlensauren Kalk) durch Brennen unterhalb der Sintergrenze von der Kohlensäure befreit. Durch Zufügen von Wasser wird der Aetzkalk in Kalkhydrat umgewandelt, wobei er sich je nach der Behandlung entweder in einen Brei (Naßlöschung) oder in ein staubfeines Pulver verwandelt (Trockenlöschung). Der Luftkalk kommt auch unter dem Namen Weiß- oder Fettkalk in den Handel. Nicht alle in der Natur vorkommenden Kalksteine ergeben nach dem Brennen gute Luftkalke. Je mehr kohlensaurer Kalk und je weniger fremde Bestandteile (Ton, Magnesia usw.) im Rohgestein enthalten sind, desto fetter und ausgiebiger wird, richtiges Brennen vorausgesetzt, der erzielte Luftkalk. Die aus den verschiedenen Rohgesteinen erbrannten Erzeugnisse wechseln also in bezug auf ihre praktische Verwendbarkeit und ihre Güte stark und es wird daher einer aufmerksamen Prüfung vorbehalten bleiben, welche Kalksorten zu wählen sind.

Luftkalk kann nur da zu Beton verwendet werden, wo es sich um die Ausführung von Bauteilen handelt, welche der Wirkung der Luft ausgesetzt sind und mit dem Wasser nicht in Berührung kommen. Luftkalk wird von dem mit ihm in Berührung kommenden Wasser am Abbinden verhindert und bei wechselndem Wasserstand fortgeschwemmt.

## Hydraulischer Kalk.

Begriffserklärung. Hydraulische Kalke sind Erzeugnisse, welche aus Kalkmergeln oder Kieselkalken durch Brennen unterhalb der Sintergrenze und darauf folgender Hydratisierung auf Mehlfeinheit gewonnen werden. In der Regel gelangen hydraulische Kalke im pulverförmigen Zustand in den Handel. Jedoch kommen in manchen Gegenden auch hydraulische Kalke in Stückenform auf den Markt.

Beton aus hydraulischem Kalk kann man im Gegensatz zum Luftkalk dort anwenden, wo der ständige oder zeitweilige Einfluß des Wassers vorhanden ist. Die Wasserbeständigkeit des hydraulischen Kalkes rührt daher, daß in ihm wasserhaltige chemische Verbindungen aus Kieselsäure, Kalk und Tonerde entstehen. Gute hydraulische Kalke enthalten ungefähr 24 bis 30 v. H. Ton. Die Erhärtungsfähigkeit unter Wasser nimmt mit dem Silikatgehalt ab. Kalke mit geringerem Silikatgehalt als 14 v. H. erhärten unter Wasser nicht mehr genügend. Das Abbinden erfolgt um so schneller, je mehr Silikate der Kalk enthält.

## Gipsbeton.

Gipsbeton findet im Bauwesen, besonders in neuerer Zeit, für bestimmte Zwecke ausgedehnte Anwendung, meistens in den Fällen, wo die aus Gipsbeton hergestellten Bauteile vor dem Einfluß der Feuchtigkeit und des Wetters gesichert sind, also vorzugsweise im Innern der Gebäude. Indessen ist im Mittelalter Gipsbeton auch vielfach bei Gründungsarbeiten verwendet worden; z. B. bei der Kirche des ehemaligen Klosters Walkenried, von welcher noch eine schöne Ruine vorhanden ist. Zu den Gründungsmauern dieser Kirche ist grober Gipsbeton verwendet worden, außerdem zeigen die stehen gebliebenen Reste außerordentlich harte Blöcke aus Gipsbeton. Heute wird Gipsbeton wohl kaum noch zur Aufführung von Gründungsmauern angewendet. Um so wichtiger ist die Verwendung des Gipsbetons bei der Herstellung von Einzelteilen, z. B. Gipsdielen, welche zu Wänden zusammengesetzt oder als Ersatz für hölzerne Dachschalung benutzt werden, zur Herstellung von Gesimsen, Säulenkapitälen, Schmuckstücken und ähnlichem mehr. Eine ausgedehnte Anwendung findet zu sogenannten Stuckarbeiten statt. In neuerer Zeit kommt Gipsbeton als Fußbodenbelag wieder zu Ehren. Im Mittelalter war die Anwendung des Gipses im Bauwesen mehr verbreitet als heute, und es wäre zu wünschen, daß dieser Baustoff sich in der Neuzeit wieder sein früheres Anwendungsgebiet zurückeroberte, denn für gewisse Zwecke ist Gips ein wichtiger und kaum durch andere Mörtelbildner vollwertig zu ersetzender Baustoff.

Es ist in Baukreisen noch vielfach unbekannt, daß es zwei in ihren Eigenschaften von einander abweichende Gipsarten gibt, und dieser Unkenntnis ist es in erster Linie zuzuschreiben, daß Gips und Gipsbeton oft an falscher Stelle angewendet wird, weil man die Unterschiede zwischen den beiden Gipsarten nicht genau genug kennt. Daß Mißerfolge dann nicht ausbleiben, darf daher nicht Wunder nehmen.

Eine ausgedehnte Verbreitung hat der Gips als Mörtel zu allen Zeiten gefunden. Ja, er ist sogar in einigen Gegenden unseres deutschen Vaterlandes im Mittelalter fast durchgängig als einziger Mörtelbildner benutzt worden, z. B. in Lüneburg, am Harz, in Württemberg und

anderen Orten mehr. Die aus dem Mittelalter stammenden Häuser in Lüneburg sind ohne Ausnahme mit Gipsmörtel gebaut.

Nachstehend wollen wir bei der Wichtigkeit dieses Baustoffes die beiden in Betracht kommenden Gipsarten genauer betrachten und etwas näher auf die beiden verschiedenen Gipsarten eingehen, wobei wir die Bemerkung vorausschicken, daß beide Arten Gips aus gleichem Rohgestein hergestellt werden und die verschiedenen Eigenschaften, welche die eine und die andere Art zeigen, lediglich der verschiedenen Behandlung beim Brennen zu verdanken sind. Beide Arten Gips haben im Gegensatz zu anderen Mörtelbildnern die Eigenschaft, unmittelbar nach dem Erstarren einen etwas größeren Raum einzunehmen, als im breiartigen Zustande. Gips schwindet also beim Erhärten nicht, sondern wächst um ein geringes Maß. Diese besondere Eigenschaft macht daher den Gips besonders geeignet zur Herstellung von in Formen zu gießenden Gegenständen, z. B. Schmuckteilen für Bauzwecke, weil durch das Wachsen des Gipses die einzelnen Linien der Form mit außerordentlicher Schärfe und Genauigkeit bei dem Abguß hervortreten.

Stuckgips. Begriffsbestimmung: Stuckgips ist ein Mörtelbildner, welcher aus dem Gipsrohstein dadurch hergestellt wird, daß den in der Natur vorkommenden Steinen nur ein Teil des in ihm enthaltenen Kristallwassers durch Erhitzung bis auf 120—180° C. entzogen wird. Das erhaltene Erzeugnis wird in feingepulverten Zustand versetzt, und bindet dann bei Zusatz von Wasser in verhältnismäßig kurzer Zeit (etwa 1 Stunde) selbständig ab und erstarrt zu einer steinartigen, festen Masse. Stuckgips wird entweder für sich allein oder in Verbindung mit Zuschlagstoffen verschiedener Art zu Einzelbauteilen verwendet, welche den Einflüssen des Wassers entzogen sind. Er kann überall da verwendet werden, wo es sich darum handelt, nicht oder nur gering belastete Bauteile herzustellen. Die ihm innewohnende Eigenschaft, beim Erstarren sein Volumen etwas zu vergrößern, macht ihn in erster Linie dazu geeignet, Schmuckteile nach einem gegebenen Modelle auf leichte Weise massenhaft herzustellen, weswegen er sich besonders zu sogenannten Stuckarbeiten eignet. Für eigentliche Betonzwecke ist es jedoch weniger verwendbar.

Estrichgips. Begriffserklärung: Estrichgips ist ein Mörtelbildner, welcher dadurch hergestellt wird, daß der rohe Gipsstein bis zur beginnenden Rotglut gebrannt, und dann in ein feines Pulver verwandelt wird. Diese Gipsart hat im Gegensatz zu der vorigen die Eigenschaft, langsam abzubinden und unter Wasser zu erhärten. Estrichgips ist nach dem Abbinden viel härter und widerstandsfähiger als Stuckgips, und ist wetterbeständig. Wie schon der Name besagt, dient er in erster Linie zur Herstellung von Estrichböden. Gipsestrichböden zeichnen sich dadurch aus, daß sie, sachgemäße Anfertigung vorausgesetzt, warme, trockene und fugenlose Fußböden ergeben, welche schnell herzustellen sind und in Wohnräumen

allen an sie zu stellenden Anforderungen genügen. Auch als Putz bei Außenwänden ist Estrichgips zu empfehlen.

Vermöge der großen Festigkeit, die Estrichgips in verhältnismäßig kurzer Zeit erreicht, wird in neuerer Zeit diesem schätzbaren Baustoff erhöhte Aufmerksamkeit in Baukreisen zuteil, und es wird nur eine Frage der Zeit sein, bis der Estrichgips in die Reihe derjenigen Stoffe eintritt, denen man Tragfähigkeit zutrauen kann. In Gestalt von Estrichgipsbeton und Dielen sowie geformten Gipssteinen, hat diese besondere Gipsart schon mit gutem Erfolg für tragende Bauteile Anwendung gefunden. Insbesondere ist seine Feuersicherheit geeignet, ihm hierbei die Bahn zu ebnen.

---

## Magnesitbeton.

Magnesitbeton mit dem Bindemittel Magnesiazement aus kaustisch gebrannter Magnesia, welche mit einer Lösung von Chlormagnesium angerührt und sofort verarbeitet wird, wird nur in beschränktem Maße angewendet. Vor allem findet er in neuerer Zeit Anwendung zur Herstellung von Fliesen, Wandbekleidungsplatten und anderen Kunststeinen, sowie Fußböden, welche mitunter in außerordentlich geschickter Weise den natürlichen Marmor und andere edle Steinarten nachahmen. Magnesitbeton erlangt in sehr kurzer Zeit eine außerordentlich große Härte und Dichte. In Formen mit polierten Flächen gegossen, erhält er eine polierte Oberfläche. Der zur Herstellung von Magnesitbeton verwendete Magnesiazement hat die Eigenschaft, daß er eine sehr starke Magerung mit Füllstoffen verträgt, wobei das aus solchen mageren Mischungen hergestellte Erzeugnis noch hohe Festigkeit besitzt. Seine reine weiße Farbe, die er von Natur besitzt, gestattet außerdem, daß er durch Zusatz geeigneter Farbstoffe in den zartesten Tönen gefärbt werden kann, was bei den anderen Mörtelbildner, denen mit alleiniger Ausnahme des Gipses ein grauer Grundton eigen ist, nicht möglich ist.

Leider zeigt neben diesen guten Eigenschaften der Magnesiazement einen Uebelstand, der bisher noch nicht beseitigt werden konnte; alle mit Hilfe von Magnesiabeton hergestellten Gegenstände neigen nämlich zum Treiben, d. h. sie verändern nach dem Abbinden ihre Raumgröße. Mitunter tritt zwar diese unangenehme Eigenschaft erst nach langer Zeit zutage, man kann aber mit Sicherheit auf das Eintreten von Verkrümmungen und das Auftreten von Rissen rechnen.

Außer der kaustischen Magnesia kennen wir noch sintergebrannte Magnesia, welche infolge ihrer hohen Feuerfestigkeit im Hüttenwesen zum Ausfüttern der Bessemerbirnen und bei Puddel- und Martinsöfen benutzt wird. Entweder wird sie dort zum Ausstampfen der Schmelzgefäße in Gestalt von Stampfbeton oder auch in Ziegelform verwendet. Die Schwerschmelzbarkeit des Magnesitbetons übertrifft die der besten

Chamotteziegel und ist ihm hierdurch ein weites Anwendungsgebiet erschlossen worden.

Man kann Magnesitbeton aus kaustischer Magnesia in zweierlei Klassen teilen, je nach dem, ob die Füllstoffe mineralischer oder organischer Natur sind. Wenn es darauf ankommt, dem Magnesitbeton eine hohe Feuerfestigkeit zu erteilen, wird man mineralische Füllstoffe wählen müssen, während man zu organischen Füllstoffen greift, wenn es gilt, die Treiberscheinungen möglichst aufzuheben.

Mineralische Füllstoffe. Von den vielerlei Füllstoffen, die man dem Magnesiazement zur Herstellung von Magnesitbeton zusetzt, wollen wir nur die hauptsächlichsten anführen. Es sind dies feiner dichter Kalkstein in gemahlenem Zustande, Quarzmehl, Schieferpulver, Glasmehl, fein zerteilte Asbestfaser, Koksasche, Kieselguhr und ähnliche Stoffe. Welchen davon man zu wählen hat, hängt davon ab, welchen Zwecken der Magnesitbeton zu dienen hat.

Organische Füllstoffe. Als organische Füllstoffe kommen für den Magnesitbeton in erster Linie feines Sägemehl, Holzschliff und Cellulose in Betracht. Zu der Herstellung des Xylolites oder künstlichen Holzes werden ausschließlich gröbere und feinere Sägemehle verschiedener Holzarten verwendet In den letzten Jahren kommt Kork- und Holzmehl in allen Korngrößen vielfach in Anwendung, hauptsächlich bei Herstellung von Fußböden.

# Grundstoffe
# und deren Gewinnung und Herstellung.

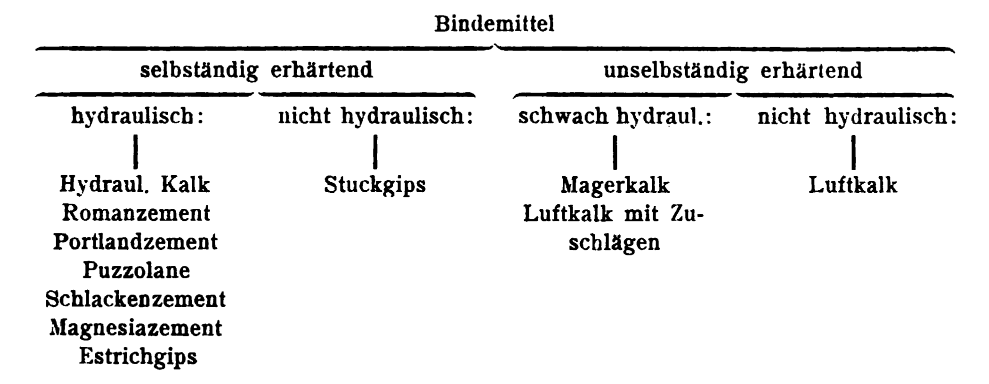
Die Grundstoffe zur Herstellung von Beton werden in den meisten Fällen dem Mineralreich entnommen. Das gilt sowohl für die Mörtelbildner, als für die Füllstoffe und Zuschläge. Als Grundstoff für die Mörtelbildner im engeren Sinne ist in erster Linie der Kalkstein zu nennen, welcher auf der Erde weit verbreitet und in der verschiedenartigsten Zusammensetzung vorkommt. Bei weitem die meisten Mörtelbildner verdanken dem Kalk ihre Entstehung. Als in der Natur vorkommender kohlensaurer Kalk wird er zur Herstellung von Portlandzement, Romanzement, Luft- und hydraulischen Kalk, als schwefelsaurer Kalk zur Herstellung von Gips benutzt. In zweiter Linie kommt der Magnesit in Betracht, welche bei weitem nicht so häufig als der Kalk vorkommt. Auch Gemische von kohlensaurem Kalk und Magnesia, die sogenannten Dolomite, geben Rohstoffe her. Für die Füllstoffe werden sich im allgemeinen diejenigen Mineralien am besten eignen, welche neben Wetterbeständigkeit große Härte aufweisen. Hierbei wären in erster Linie Granit, Basalt, Porphyr und ähnliche feste Gesteine in Betracht zu ziehen. Bei allen zum Beton verwendeten Füllstoffen ist es Grundbedingung, daß sie frei von allen organischen Bestandteilen und möglichst ohne fremde Beimengungen sein müssen, wenn sie sich zu Betonzwecken eignen sollen.

---

## Bindemittel.

Man kann die Bindemittel, welche zum Beton verwendet werden, in zwei große Gruppen einteilen, nämlich in diejenigen Mörtelbildner, welche selbständig für sich allein erhärten und solche, welche eines Zuschlagstoffes bedürfen, um verkittende Eigenschaften zu erhalten. Außerdem werden wir bei den Mörtelbildnern unterscheiden müssen, ob das Bindemittel an der Luft und im Wasser, oder nur an der Luft, oder nur im Wasser erhärtet. Da aber die Erhärtungsfähigkeit unter Wasser mehr oder weniger stark bei den einzelnen Mörtelbildnern in die Erscheinung treten kann, so wird sich in einigen Fällen hier keine scharfe

Grenze ziehen lassen. Wie schon an anderer Stelle ausgeführt wurde, hängt zum Beispiel die Fähigkeit, unter Wasser zu erhärten, bei den mageren Kalken im wesentlichen davon ab, wieviel Tonsilikate in dem Mörtelbildner enthalten sind. Die Wassererhärtung wird erst dann sich ausgesprochen bemerkbar machen, wenn der Kalk etwa 14 v. H. tonige Bestandteile enthält. Man kann, um die Einteilung übersichtlich zu gestalten, sich nachstehende Aufstellung dienen lassen:




Von allen Bindemitteln kommen die gleichartigen Zemente am meisten und unter ihnen der Portlandzement in erster Linie als wichtigster Baustoff zur Herstellung von Beton in Betracht. Die gemischten Zemente haben naturgemäß je nach ihrer Zusammensetzung sehr wechselnde Eigenschaften, und sie werden schon aus diesem Grunde nur eine beschränkte Anwendung erfahren können.

Die Art und Weise des Abbindens ist bei den einzelnen Bindemitteln ebenfalls sehr verschieden. Manche von ihnen binden, wie wir bereits gesehen haben, schnell, manche langsam ab. Einige, z. B. der Portlandzement, brauchen lange Zeit, bevor sie ihre größte Festigkeit erreichen, andere, z. B. Gips, erhalten ihre höchste Festigkeit nach ganz kurzer Zeit. Auch der Vorgang des Abbindens und Erhärtens ist bei den einzelnen Mörtelbildnern verschieden. Während beim Gips der Vorgang beim Abbinden und Erhärten darin besteht, daß der Grundstoff des Gipses, der schwefelsaure Kalk, chemisch Wasser bindet und der Herstellungsstoff zurückgebildet wird, ist bei den Zementen dieser Vorgang anders geartet. Hier treten die verschiedenen im Zement enthaltenen Grundstoffe, nämlich Kalk (oder statt dessen Magnesia), Tonerde und Kieselsäure zu verschiedenen Gruppen zusammen, wobei gleichzeitig Wasser chemisch gebunden wird und ein Körper entsteht, der mit dem Ausgangsstoffe keine Aehnlichkeit mehr hat. Die Fragen, nach welchen Grundsätzen diese Umwandlung vor sich geht, und welche neuen Körper im chemischen Sinne dabei entstehen, beschäftigen zur Zeit die Zementtechniker sehr lebhaft. Es ist bisher noch nicht gelungen, diese Fragen mit der wünschenswerten Genauigkeit beantworten zu können.

## Zemente.

Das gemeinsame Kennzeichen aller Zemente besteht darin, daß sie außer Kalk oder Magnesia gewisse Mengen verbindungsfähiger Silikate enthalten. Je nach Art des Zementes wechselt der Gehalt und die Zusammensetzung der Silikate.

Gleichartige Zemente. Unter gleichartigen Zementen versteht man solche Zemente, denen nach dem Brennen und Vermahlen keinerlei weitere Stoffe in wesentlichen Mengen zugesetzt worden sind. Hieraus folgt, daß alle im Zement enthaltenen Stoffe schon vor dem Brennen in inniger Mischung im Rohstoff vorhanden sein müsssen.

*Portlandzement.* Portlandzement ist, wie schon aus der auf Seite 8 gegebenen Begriffserklärung hervorgeht, ein Erzeugnis, welches aus kalk- und tonhaltigen Grundstoffen von bestimmtem Kalkgehalt hergestellt wird. Als Erfinder des Portlandzementes gilt der englische Maurer Joseph Aspdin, welcher im Jahre 1824 auf seinen von ihm hergestellten Zement ein Patent in England nahm. Aspdin hatte bei der Ausübung seines Handwerkes bemerkt, das beim Ablöschen von hydraulischem Kalk häufig einzelne Stücke zurückblieben, die sich nicht ablöschen ließen. Er machte die Beobachtung, daß diese Stücke offenbar stärker gebrannt waren, als der übrige Kalk, da die Oberflächen der Stücke stellenweise ein glasiges Aussehen zeigten. Er wollte versuchen, ob sich diese Stücke nicht ablöschen ließen, wenn er sie vor dem Ablöschen zu Pulver zerkleinerte. Ein solcher Versuch belehrte ihn indessen zu seiner Ueberraschung, daß das Pulver, welches aus den bisher als wertlos fortgeworfenen Brocken hergestellt war, ohne weiteres Ablöschen bei der Netzung mit Wasser außerordentlich stark abband und in kurzer Zeit zu einem graugrünlichen oder braungelblichen äußerst dichten Stein erhärtete, der in seinem Aeußeren auffallend dem in England vielfach zu Bauten benutzten Portlandstein ähnlich sah. Diese Entdeckung gab ihm Anlaß, tonhaltige Kalksteine mit so starkem Feuer zu brennen, bis eine Sinterung eintrat. Die erhaltenen Klinker zerkleinerte er dann zu Pulver und nannte das Enderzeugnis Portlandzement. Er mußte aber bald die Erfahrung machen, daß der von ihm hergestellte Zement doch manche Mängel zeigte. Vor allem machte sich ein Uebelstand besonders bemerkbar, der darin bestand, daß mitunter der mit aller Sorgfalt hergestellte Zement nach der Erhärtung stark trieb, d. h, daß er nicht raumbeständig war, sondern der entstandene Stein längere oder kürzere Zeit nach dem Erhärten Risse bekam, die sich immer mehr erweiterten und schließlich ein vollständiges Zerfallen des anfangs so schönen und dichten Steines herbeiführten. Trotz dieses Fehlers hatte der von ihm hergestellte Zement die Aufmerksamkeit der Fachkreise in hohem Maße erregt. Der von Aspdin hergestellte Zement war besonders bei Wasserbauten von unschätzbarem Werte, vorausgesetzt, daß er die oben geschilderten Treiberscheinungen nicht zeigte. In der

Folge drang bei Aspdin die Ueberzeugung durch, daß das Treiben mit der Höhe des Kalkgehaltes in gewissem Zusammenhang stehen mußte und wir wissen heut, daß ein gut und richtig zummengesetzter Portlandzement etwa 77—79 v. H. kohlensauren Kalk in der Rohmischung enthalten muß, wenn er bei sonst sachgemäßer Herstellung keine Treiberscheinungen zeigen soll.

Wenn auch Aspdin als Erfinder des Portlandzementes gilt, so dürfen wir doch nicht verschweigen, daß er einige Vorläufer gehabt hat, deren Verdienst um die Herstellung des Portlandzementes nicht gering anzuschlagen ist. Die ersten Versuche, Portlandzement herzustellen, sind bis auf das Jahr 1796 zurückzuverfolgen, wo Parker aus einem tonhaltigen Kalkstein Zement erbrannte, dessen Herstellung später in Boulogne in Frankreich durch L. J. Vicat aufgenommen wurde. Vicat arbeitete in dieser Beziehung mit großem Eifer, aber die Engländer überholten bald die Franzosen infolge der günstigeren politischen und geschäftlichen Lage im ersten Jahrzehnt des verflossenen Jahrhunderts. Unter anderem nahm Edgar Dobbs zu Southwark am 2. August des Jahres 1810 ein Patent, in dem das Verfahren zur Herstellung von Portlandzement folgendermaßen beschrieben wird:

„Ich führe den Aetzkalk oder den kohlensauren Kalk in den Zustand feiner Zerteilung über, ersteren durch Löschen, letzteren, indem ich ihn mit oder ohne Wasser auf die gewöhnliche, für Kreide, Bleiweiß oder Feuerstein übliche, oder auf irgend eine andere gleich wirksame Weise so lange mahle, bis er sich in einem solchen Zustande der Zerteilung befindet, daß beim nachherigen Aufrühren die feinen Teilchen so lange suspendiert bleiben, daß sie von den gröberen, welche sich abgesetzt haben (und welche von neuem gemahlen werden), abgeschlämmt werden können, und daß die abgeschlämmten Teilchen etwa ebenso fein sind, wie die von gewöhnlicher Schlämmkreide.

Sodann verwandele ich die anderen Stoffe, mit welchen ich den ätzenden oder kohlensauren Kalk zu vermischen habe, in ein ebenso feines Pulver. Die harten Stoffe, welche gemahlen werden müssen, werden entweder mit oder ohne Wasser zerteilt und dann die feinen Teile durch Wasser abgeschlämmt, wie zuvor angegeben; sind aber die gewählten Stoffe für sich schon genügend weich, so daß sie des Mahlens nicht bedürfen, so werden sie einfach mit Wasser zerteilt, indem sie damit so lange durchgearbeitet werden, bis das Ganze die Form eines dünnen Breies angenommen hat, und dann, wie zuvor, abgeschlämmt.

Alsdann nehme ich eine gewisse Menge von dem abgeschlämmten ätzenden oder kohlensauren Kalk, je nachdem es die zu erzielende Mischung erheischt, und ebenso von dem oder den anderen geschlämmten Stoffen und mische sie in einem Gefäße oder irgend einem anderen dazu geeigneten Behälter gut durch einander. Oder man führt die Mischung in der Weise aus, daß die Stoffe in ihrem natürlichen Zustande so lange

gemahlen und gemischt werden, bis sie gleichartig und plastisch geworden sind.

Man überläßt die gemischten Stoffe dann der Ruhe, worauf das klare Wasser abgezogen und der Rest desselben verdampft werden muß. Dies geschieht entweder durch künstlich zugeführte Wärme, oder indem man sie so lange der Luft aussetzt, bis die Masse genügend steif wird, um sie in Stücke schneiden oder formen zu können, zum Behuf des Brennens.

Das Brennen kann in einem gewöhnlichen Kalkofen, oder Brennofen, oder selbst ohne irgend einen solchen Apparat ausgeführt werden; wobei nur zu bemerken ist, daß die Intensität und Dauer des Brennens genüge, damit die verbrennbaren Teile des Brennstoffes, wenn solcher in der Mischung enthalten, verzehrt und die Kohlensäure aus dem kohlensauren Kalk ausgetrieben werde, ohne daß irgend eine der Substanzen verglase. Die gebrannten Stücke werden alsdann in Pulver verwandelt, indem man sie zwischen horizontalen Mühlsteinen oder auf irgend einer anderen, zum Mahlen trockener Substanzen verwendeten Vorrichtung mahlt. Alsdann ist die Zusammensetzung in einem für den Gebrauch geeigneten Zustande.

Soll die Mischung einen Mörtel abgeben, der in etwa 10 oder 20 Minuten binden und für gewöhnliche Bauzwecke dienen soll, so ist das Verhältnis (jeder Stoff in trockenem Zustande angenommen) etwa 3 Gewichtsteile Kreide, oder $1\frac{1}{2}$ Gewichtsteile Aetzkalk und 1 Gewichtsteil eines solchen Tones, wie man ihn in Sümpfen oder an den Ufern der Themse findet; oder eines solchen, der sich rot brennt; und 1 Gewichtsteil Asche, wie sie in London von den Kohlenkleinhändlern verkauft wird.

Wenn der Mörtel langsamer binden soll, so muß man eine größere Menge Kalk oder kohlensauren Kalk nehmen und anderenfalls eine größere Menge der anderen Stoffe.

Soll die Zusammensetzung einen dem Stein ähnlichen Anstrich abgeben, so empfiehlt sich Pfeifenton oder eine andere weiche, von Eisen oder anderen färbenden Stoffen freie Erde, die nicht durch das Brennen verschwindet, und soll dann lieber die Kohlenasche ganz weglassen. Wenn das Kohlenklein oder irgend welche andere brennbare Stoffe bei der Mischung für Zement oder Anstrich fortbleiben, so muß Brennmaterial zum Brennen angewendet werden, indem man das Material wie in Kalköfen dazwischen schichtet, oder indem man sich irgend einer anderen, in jedes Belieben stehenden Methode bedient. Wird aber der Mischung eine genügende Menge Brennstoff beigefügt, so ist weiter kein Brennstoff erforderlich.

Behufs Anwendung zu Mörtelzwecken mische und bearbeite man das Erzeugnis mit Wasser und verwende es in plastischem Zustande; um es als Anstrich zu gebrauchen, hat man eine genügende Wassermenge hinzuzufügen, so daß der Anstrich nach Art anderer Wasseranstriche mittelst des Pinsels aufgetragen werden kann; wobei nur Sorge zu tragen

ist, daß man, gleich nachdem das Wasser hinzugegeben, zur Verwendung schreite, da die Masse sonst alsbald löschen und eine feste Masse bilden wird."

Außer diesem von Dobbs genommenen Patent wurden in England zur Herstellung von Zement noch eine Reihe anderer Patente genommen. Auch in Frankreich wurden auf Grund der Arbeiten Vicats verschiedene Patente erteilt. Wir können den Inhalt der Patente an dieser Stelle übergehen, so interessant es auch ist, die verschiedenen Verfahren, wie sie sich in den Köpfen der Erfinder malten, zu verfolgen. Es sei uns nur noch gestattet, einen Auszug aus dem Patent zu geben, welches dem schon genannten Joseph Aspdin zu Leeds am 21. Oktober 1824 erteilt wurde. Es heißt in der Patentschrift folgendermaßen:

> „Der Patentnehmer weist nach, daß dieser künstliche Stein ein Wassermörtel ist, welchem der Name Portlandzement beizulegen ist, und welcher als Putz für Häuser, Wasserbehälter und andere Zwecke anzuwenden ist. Zu seiner Darstellung läßt er den Schlamm oder Staub von mit Kalkstein gepflasterten Wegen, oder den dazu verwendeten Kalkstein selbst (wofern das andere Material in genügender Menge nicht zu haben ist) gebrannt und gelöscht mit einer bestimmten (specific) Menge Ton mit Hilfe von Wasser durch Handarbeit oder irgend welche Maschinen zu einem unfühlbaren Brei vermischen, dann in einer flachen Pfanne, entweder durch die Sonne, oder durch unter der Pfanne angebrachte Züge mittelst Feuer vollständig trocknen. Das Ganze wird dann in Stücke gebrochen und von Neuem in einem Kalkofen gebrannt, worauf es durch Mahlen, Kollern oder Stampfen in Pulver verwandelt wird und dann zum Gebrauche fertig ist."

Das Verdienst von Aspdin besteht vor allem darin, daß er der erste war, der einen hydraulischen Mörtelbildner bei Anwendung des richtigen Mischungsverhältnisses und des erforderlichen Hitzegrades aus Kalk und Ton erbrannte, wie er zuvor noch nicht vorhanden war. Das Verfahren Aspdins wurde bald darauf durch Pasley in England vielfach praktisch untersucht, wobei sich herausstellte, daß nicht alle Tonarten sich ohne weiteres zur Herstellung dieses von Aspdin so getauften Portlandzementes eigneten. Erst als man erkannt hatte, daß die Menge der im Ton enthaltenen Silikate von Bedeutung war, entstanden nach und nach in England Fabriken, welche mit gutem Erfolg arbeiteten, sodaß der Ruf des englischen Portlandzementes ihm bald den Weltmarkt erschloß. Bis zum Jahre 1855, wo Dr. Bleibtreu in Stettin die erste Portlandzementfabrik begründete, welche heute noch unter der Firma Stettin-Bredower Portlandzementfabrik Aktiengesellschaft, Stettin-Bredow blüht, wurde in Deutschland nur englischer Portlandzement verwendet.

In Frankreich waren inzwischen ebenfalls größere Fabriken entstanden, deren Erzeugnisse jedoch wenig ins Ausland gelangten. Nach

und nach wurden in Deutschland weitere Fabriken begründet, und Männer der Wissenschaft nahmen sich hier der Herstellung des Portlandzementes an. Wir können stolz darauf sein, daß in erster Linie deutsche Forscher durch ihre wissenschaftlichen Arbeiten dazu beitrugen, das Verfahren zu vervollkommnen und wissenschaftlich zu vertiefen. Wir nennen, um nur einige dieser verdienstvollen Männer namhaft zu machen, außer Dr. Delbrück, der als Mitarbeiter und Nachfolger Bleibtreus sich die ersten praktischen Erfahrungen in der Portlandzementherstellung erwarb, Dr. Heintzel in Lüneburg, Dr. W. Michaëlis in Berlin und Dr. Erdmenger-Hannover. Der eifrigen Forschungsarbeit dieser Männer gelang es, im Verein mit vielen anderen, die Herstellung von Portlandzement, welche bisher mehr oder weniger dem Zufall inbezug auf das Gelingen in die Hand gegeben war, in feste durch die Wissenschaft gewiesene Bahnen zu lenken. Im Laufe der Jahre brach sich die Erkenntnis mehr und mehr Bahn, und heute hat sich die deutsche Portlandzementindustrie zu einem achtungsgebietenden Industriezweig entwickelt. Mehr als hundert große Fabriken sind heute in Deutschland vorhanden, die den Ruf des deutschen Portlandzementes in alle Welt getragen haben. Ein hohes Verdienst um die Entwickelung der Deutschen Portlandzementindustrie erwarb sich der von Dr. Delbrück gegründete Verein deutscher Portlandzementfabrikanten, dem heute fast sämtliche Fabriken von Bedeutung als Mitglieder angehören.

Wie bereits auseinandergesetzt wurde, wird der Portlandzement im allgemeinen aus Kalkstein und Ton hergestellt. Diese Rohstoffe sind, wie bekannt, in der Natur weit verbreitet, und haben je nach dem Fundorte sehr verschiedene Zusammensetzung. Es ist daher nur natürlich, daß die Herstellung von Portlandzement jedesmal dem zu Gebote stehenden Rohstoffe angepaßt werden muß. Dies gilt nicht allein in bezug auf die zweckentsprechende Aufbereitung der Rohstoffe, sondern vor allen Dingen wird man auch bei Anlage einer Fabrik zu erwägen haben, ob die vorkommenden Rohstoffe ihrer Zusammensetzung und ihrer physikalischen Beschaffenheit nach sich für die Herstellung von Portlandzement in wirtschaftlicher Beziehung überhaupt eignen.

Vom rein theoretischen Standpunkte eignet sich allerdings jedes Gestein, welches aus kohlensaurem Kalk besteht, unter Zusatz eines geeigneten Tones zur Herstellung von Portlandzement, vorausgesetzt, daß fremde und schädliche Beimengungen darin nicht vorhanden sind. Aber es ist offenbar nicht gleichgiltig, ob die Gewinnung dieses Rohgesteins und die Aufbereitung Schwierigkeiten darbieten. Da die Rohstoffe in allen Fällen bei der Aufbereitung staubfein zu zerkleinern sind, um eine innige Mischung von bestimmtem Tongehalt herstellen zu können, so spielen die physikalischen Eigenschaften des vorhandenen Rohgesteins eine erhebliche Rolle. Zwar gibt es auch an einigen Orten sogenannten natürlichen Portlandzementstein, d. h. einen Kalkstein, der soviel Ton-

gehalt besitzt, daß er, in unzerkleinertem Zustande bis zur Sinterung gebrannt, ohne weiteres einen Portlandzement ergibt, aber die Fundorte solchen Gesteines sind überaus selten und fast nie sind alle Schichten des Lagers von gleichmäßigem Ton- bezüglicherweise Kalkgehalt.

Der für die Portlandzementherstellung erforderliche kohlensaure Kalk hat sehr verschiedenartige physikalische Eigenschaften. Der kohlensaure Kalk kommt in sehr wechselnden Härtegraden in der Natur vor. Von der weichsten Form, der Kreide an, die jedem Kinde bekannt ist, durchläuft er alle Härtegrade bis zum harten Marmor.

Da es bei der Portlandzementherstellung von großer Wichtigkeit ist, den Kalk- und Tongehalt ganz gleichmäßig zu gestalten, ist es unbedingt notwendig, die Rohstoffe zu möglichst feinem Pulver zu zerkleinern, um eine ganz gleichmäßige Mischung zu erzielen. Diese Aufbereitung der Rohstoffe kann auf drei verschiedene Arten bewirkt werden. Man unterscheidet dabei die nasse, die halbnasse und die trockene Aufbereitung. Im nordwestlichen Deutschland, in Stettin und an allen den Orten, wo der kohlensaure Kalk in Gestalt von Kreide oder sehr weichem Kalkstein vorkommt, wird allgemein das nasse Verfahren angewendet, welches darin besteht, daß die Rohstoffe mit Wasser eingeschlämmt und zu einem mehr oder weniger dünnen Brei verarbeitet werden, der in Absetzgruben geleitet wird, in welchem sich dann die feinzerteilten Rohstoffe langsam zu Boden setzen Nach dem Ablassen des darüberstehenden Wassers wird der verbleibende breiartige Rückstand dann durch künstliche Mittel oder auch durch natürliche Verdunstung soweit angesteift, daß er als verarbeitungsfähige Masse zur weiteren Behandlung gelangen kann.

Das halbnasse Verfahren kennzeichnet sich dadurch, daß nur ein Teil der Rohstoffe auf nassem Wege, der andere auf trockenem Wege zubereitet wird. Dieses Verfahren wird dort Platz greifen müssen, wo man z. B. einen Kalkstein zur Verfügung hat, der in Wasser nicht aufschlämmbar ist, und wo man gleichzeitig einen Ton zu verarbeiten gezwungen ist, der mit Sand oder anderen Stoffen verunreinigt ist. Man wird in diesem Falle die Fremdkörper aus dem Ton vorher durch Schlämmen zu entfernen haben, und dann den nassen Tonschlamm dem zerkleinerten Kalkstein zusetzen.

Das Trockenverfahren besteht darin, daß man die Rohstoffe auf geeigneten Mahlmaschinen auf trockenem Wege zerkleinert und die erhaltenen mehlartigen Erzeugnisse so miteinander vermischt, daß ein gleichartiges mehlfeines Pulver von bestimmtem Kalk- und Tongehalt entsteht, welches man dann mit dem Namen „Rohmehl" bezeichnet. Bei weitem die meisten Fabriken in Deutschland arbeiten nach dem Trockenverfahren.

Dem Naßverfahren rühmt man nach, daß es hierbei viel leichter ist, eine innige Mischung zu erzielen, als beim Mischen der trockenen Pulver, aber es ist nur dort mit Vorteil anzuwenden, wo Wasser in ge-

nügenden Mengen zur Verfügung steht und der Kalkstein in aufschlämmbarem Zustand vorkommt. Bei diesem Verfahren wird der weiche Kalkstein (Kreide oder dergleichen) im entsprechenden Verhältnis mit dem zur Verfügung stehenden Ton unter Zusatz von Wasser in Schlämmmaschinen geschüttet, wo es durch ein stark gebautes, in der Maschine sich drehendes Rührwerk in Schlamm übergeführt wird. Bild 1 stellt eine solche Schlämmaschine dar. Die Kalksteinstücke und der Ton werden durch das Rührwerk fortwährend im Kreise herumgeführt und verteilen sich nach und nach vollständig im Wasser, wodurch sich eine dünnflüssige Schlämme bildet, die am oberen Rande fortgesetzt abfließt, da immer neues Wasser der Schlämmaschine zugeführt wird. Fremde,

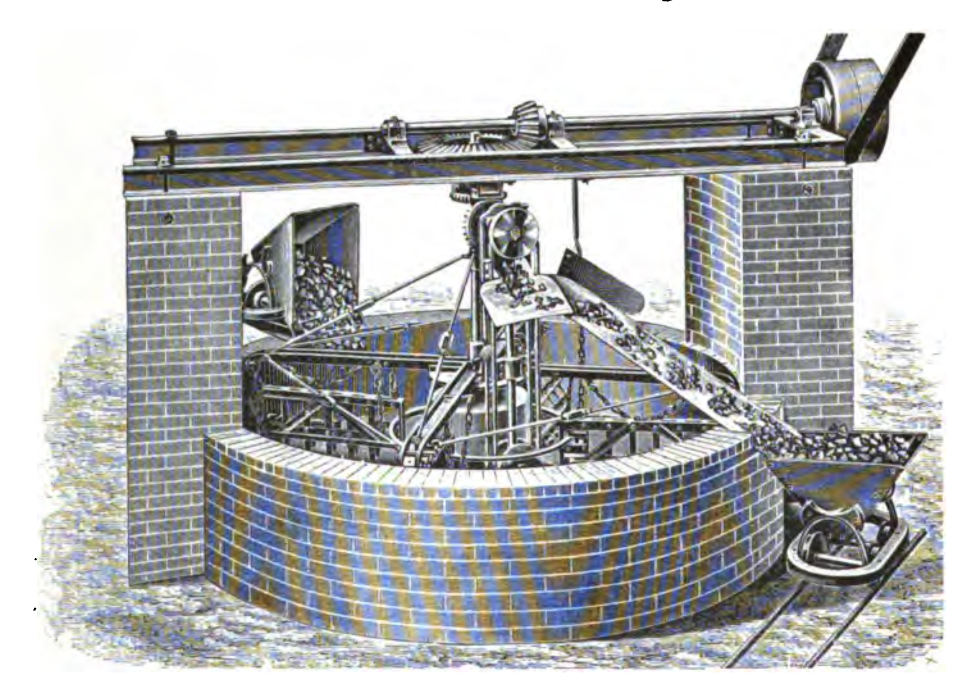


Bild 1. Schlämmaschine für weichen Kalkstein (Kreide oder dergleichen).

nicht aufschlämmbare Bestandteile sinken dabei in der Schlämmaschine zu Boden. Da weiche Kreide fast immer mit Feuersteinen mehr oder weniger stark durchsetzt ist, müssen diese nicht aufschlämmbaren Rückstände durch das auf dem Bilde sichtbare Becherwerk entfernt werden. Um zu verhindern, daß die aus dem Schlämmwerk abfließende Schlämme gröbere Teile mit fortführt, ist beim Ausfluß aus dem Schlämmwerk ein Sieb vorgelagert, durch dessen Maschen nur die feinen Teile entweichen können, während das Grobe in den Schlämmbottich zurückfällt. Trotzdem ist es in den meisten Fällen notwendig, die abfließende Schlämme noch einmal durch ein zilinderförmiges mit feiner Gaze bespanntes Sieb gehen zu lassen. Sandige Bestandteile werden dadurch zurückgehalten,

daß die dünnflüssige Schlämme in Holzrinnen geleitet wird, welche zickzackförmig angeordnet sind. In diesen Rinnen lagert sich der spezifisch schwerere Sand nach und nach am Boden ab, sodaß schließlich die Schlämme außer Wasser nur noch kalkige und tonige Bestandteile enthält. Die auf diese Weise gereinigte Schlämme sammelt sich dann in besondere Behälter, aus denen die Proben zur Untersuchung entnommen werden. Nach Richtigstellung des Kalkgehaltes wird die Schlämme dann in die Schlammgruben geleitet, und steift hier durch Versickern und Verdampfen des überschießenden Wassers nach und nach zu einer formbaren, steifen, gleichmässigen Masse an.

Bei manchen Fabriken wird die Naßaufbereitung etwas anders betrieben, indem Naßkollergänge oder Naßmahlgänge das Schlämmwerk teils ersetzen oder in seiner Wirkung unterstützen. Ueberall aber bleibt das Ziel das gleiche, eine möglichst innige und fein zerkleinerte Mischung aus den Zerkleinerungsmaschinen zu erhalten. Mit je weniger Wasserzusatz man dieses Ziel erreicht, um so billiger wird die weitere Verarbeitung, weil dann der Schlämmasse weniger Wasser bei der weiteren Verarbeitung zu entziehen ist.

Für die Güte des herzustellenden Portlandzementes ist die gründliche Aufbereitung der Rohstoffe von großer Bedeutung. Ein tüchtiger Fachmann wird daher die Aufbereitungsweise den physikalischen Eigenschaften der vorhandenen Rohstoffe anpassen. Hieraus geht hervor, daß Portlandzementfabriken immer nur von fachkundigen Leuten eingerichtet werden können, welche imstande sind, die Eigenschaften der Rohstoffe richtig zu beurteilen.

Auf ähnlichen Grundsätzen beruht das Halbnaßverfahren, welches an dieser Stelle wohl übergangen werden kann, da bereits gesagt ist, daß hierbei nur ein Teil der Rohstoffe, gewöhnlich der Ton, naß aufbereitet wird.

Nachdem der Kalkstein oder die Kreide und der Ton in einem bestimmten Verhältnis gemischt, gemäß einer dieser drei Aufbereitungsarten auf das Feinste zerkleinert und eine gleichartige Mischung hergestellt ist, wird diese Rohmasse auf geeigneten Pressen in ähnlicher Weise verformt, wie dies bei der Ziegelherstellung geschieht. Die erhaltenen Formlinge werden getrocknet und dann in besonders zu diesem Zweck erbauten Oefen bis zur Sinterung gebrannt. Das aus dem Ofen kommende Brenngut hat sich nach dem Brennen im Großen und Ganzen die Stückenform bewahrt und wird Zementklinker genannt. Die Zementklinker bilden harte schwarzgrünliche Steine, die nach dem Abkühlen zu staubfeinem Mehl zerkleinert und dann als Portlandzement in den Handel gebracht werden.

Dieser eben beschriebene Herstellungsvorgang ist in den letzten Jahren etwas vereinfacht worden, insofern, als man besondere Oefen erunden hat, die sogenannten Drehrohröfen, welche ein vorheriges Formen

der Rohmasse durch eine Presse erübrigen. Ob sich dieses Verfahren in Deutschland allgemeiner einbürgern wird, muß die Zeit lehren. In Amerika hat es bereits festen Fuß gefaßt, aber daraus geht noch nicht hervor, daß es sich auch ohne weiteres für deutsche Verhältnisse eignen wird. Wir werden später bei der Beschreibung des in Frage kommenden Drehrohrofens noch näher auf diesen Punkt zurückkommen.

Die Gewinnung des Rohsteines erfolgt je nach Natur des Kalksteines, den Lagerungsverhältnissen entsprechend, entweder mit der Spitzhacke, indem man die Steine in hantierbarer Größe von der anstehenden Wand loslöst und sie nötigenfalls durch Hammerschläge soweit zerkleinert, daß sie auf Wagen geladen werden können, oder das Loslösen des Gesteins erfolgt durch Sprengschüsse. Als Sprengmittel verwendet man

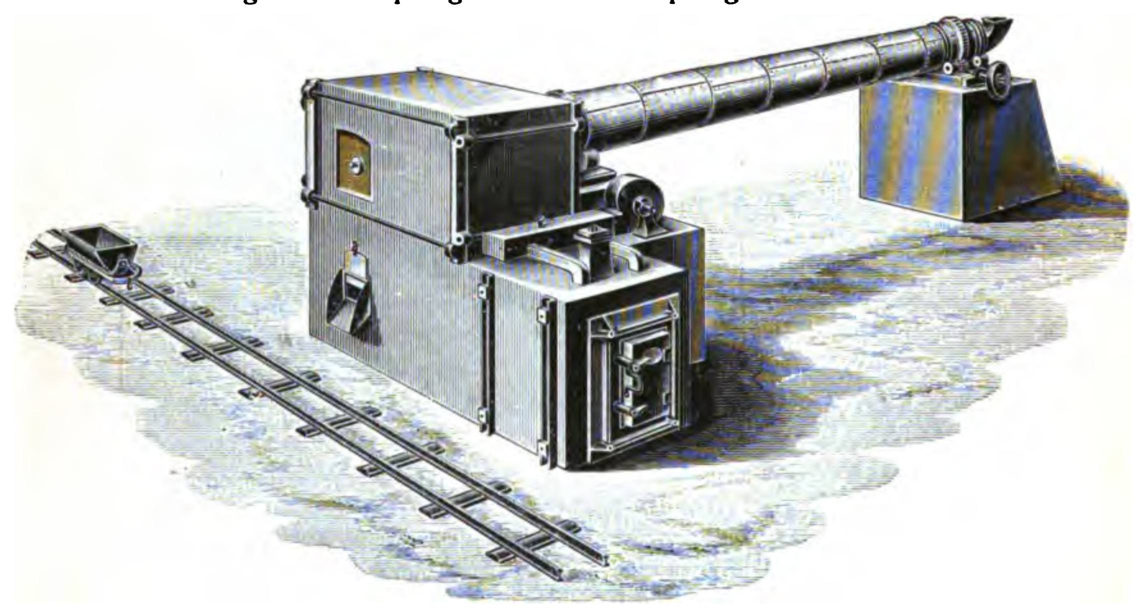
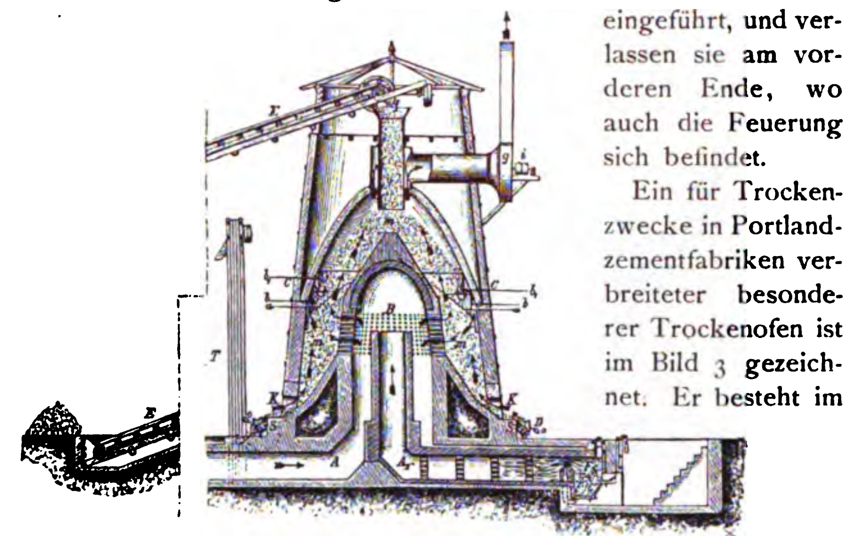


**Bild 2 Trockentrommel für die grubenfeuchten Rohstoffe.**

Sprengpulver, Dynamit, Roburit oder andere Sprengmittel. Es gibt Steinbrüche, in denen auch gleichzeitig der zur Herstellung von Portlandzement nötige Ton gewonnen wird. Gewöhnlich sind die tonigen Ablagerungen in Gestalt von Bändern in den Gesteinsfugen abgelagert. Ist dies nicht der Fall, so wird der anderwärts gewonnene Ton später zugesetzt. Auf kleinen Feldbahnwagen gelangen dann die Steine in die Fabrik, wo sie zunächst von der Grubenfeuchtigkeit befreit werden müssen, bevor sie weiter zerkleinert werden können. Hierzu benutzt man entweder geheizte Trockentrommeln, welche in Gestalt eines in langsame Drehung versetzten und etwas geneigten Zilinders die grubenfeuchten Steine an einem Ende aufnehmen, oder auch besondere Oefen, in welchen die Steine durch Wärmezuführung von der Grubenfeuchtigkeit befreit werden.

Unser Bild 2 stellt eine solche Trockentrommel dar. Am hinteren Ende werden die Kalksteine im grubenfeuchten Zustande in die Trommel eingeführt, und verlassen sie am vorderen Ende, wo auch die Feuerung sich befindet.



Ein für Trockenzwecke in Portlandzementfabriken verbreiteter besonderer Trockenofen ist im Bild 3 gezeichnet. Er besteht im

Bild 3. Trockenofen für die Rohstoffe.

wesentlichen aus einem glockenförmigen Hohlkörper aus Mauerwerk, in welchen die aus einer Wärmequelle F stammenden Heizgase durch den Kanal A 1 eintreten, während die Außenluft durch den Kanal A zugeführt wird. In dem glokkenförmigen Hohlraum sind bei B die Wände durch zahlreiche Löcher durchbohrt. Der Mantel C umschließt das Ganze und nimmt in seinem Innern die von oben bei f mittelst des Förderbandes E zugeführten feuchten Rohstoffe auf. Die erhitzte Luft tritt durch die schon erwähnten Löcher bei B in den Mantelraum ein und die mit Feuchtigkeit beladene wird nach dem Durchstreichen der

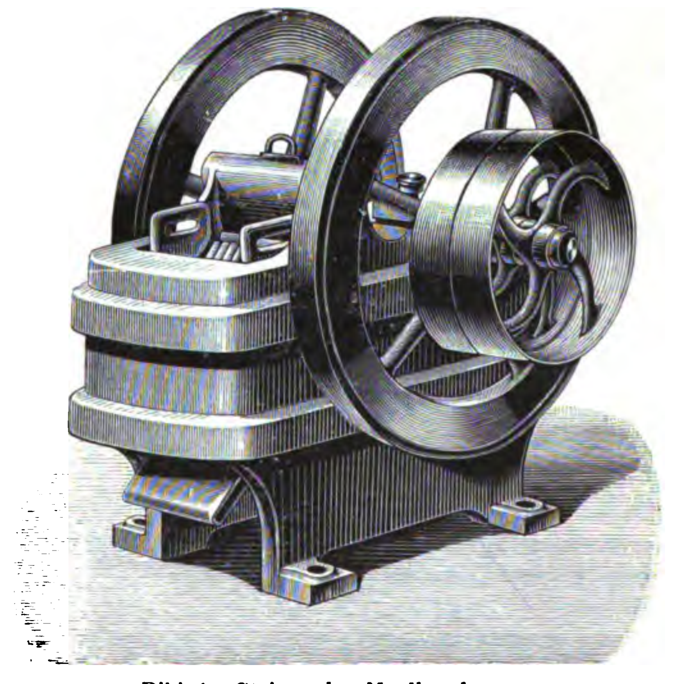


Bild 4. Stein- oder Maulbrecher.

feuchten Rohstoffe durch den Ventilator g ins freie geführt. Am Fuße des Mantels sind rundherum Abzugsöffnungen K vorgesehen, aus denen der nunmehr getrocknete Kalkstein herausgenommen wird. Diese Oeffnungen gestatten auch der Luft einen Zutritt in das Innere, wodurch die Steine abgekühlt werden. Mittels des Elevators T gelangen dann die Steine, mit dem Ton im ungefähren Verhältnisse gemischt, in die Rohmühle, wo sie auf einem Stein- oder Maulbrecher (Bild 4), oder einer Brechschnecke (Bild 5), welche das Rohgemenge bis zu etwa Eigröße zerkleinert, zur weiteren Verarbeitung gelangen. In der Regel wird von hier aus das Rohrgemenge zur weiteren Zerkleinerung auf geeignete Walzwerke gebracht, wo die Zertrümmerung bis auf etwa Nußgröße durch Stachelwalzen oder auch glatte Walzen erfolgt (Bild 6). Die Feinmahlung erfolgt dann entweder auf Mahlgängen oder auf Kugel- und Rohrmühlen.

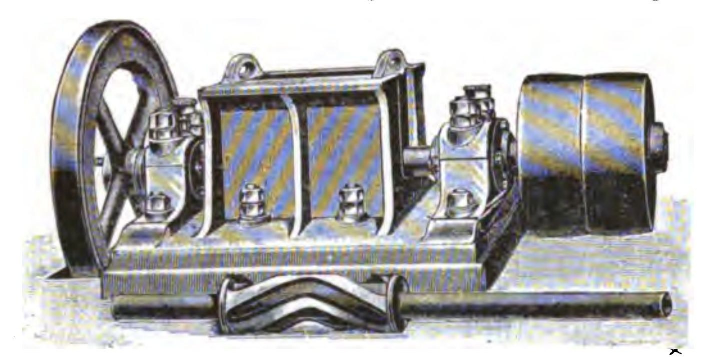


Bild 5. Brechschnecke,
vorn die herausgenommene Schneckenwelle.

Je nach Beschaffenheit und Härte der in Frage kommenden Rohstoffe wird der Aufbereitungsvorgang in Bezug auf die Anordnung der Zerkleinerungsanlage sich verschieden gestalten, und sind außer den vorstehend genannten Maschinen noch andere in Gebrauch. Bei weichem Kalkstein wird man zur Vorzerkleinerung in vielen Fällen an Stelle des Maulbrechers oder des Walzwerks den Kollergang (Bild 7) benutzen und dadurch die Vorzerkleinerung wesentlich vereinfachen können. Es würde an dieser Stelle zu weit führen, alle zu diesem Zweck gebräuchlichen Maschinen einzeln aufzuführen.

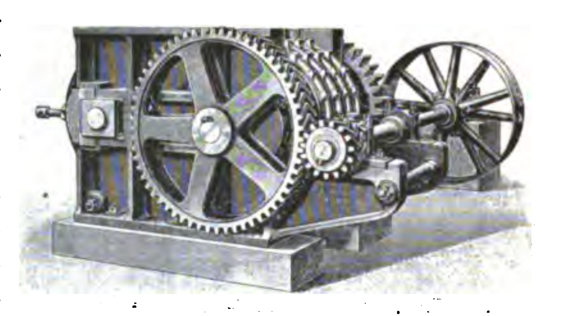


Bild 6. Stachelwalzwerk.

Nach dem Verlassen dieser Maschinen ist das Rohgemenge in ein feines gleichartiges Mehl, die Rohmischung, verwandelt, welche einen bestimmten Gehalt an kohlensaurem Kalk und Ton aufweist. Da die richtige Zusammensetzung der Rohmischung von einschneidender Bedeutung für die Güte des späteren Portlandzementes ist, und insbesondere die Bindezeit

wesentlich vom Gehalt an kohlensaurem Kalk abhängig ist, muß der Gehalt an Kalk und Ton einer ständigen Prüfung unterworfen werden, die auf chemischem Wege vorgenommen wird, wozu man sich besonders zu diesem Zweck ersonnener Apparate bedient. Wir wollen hier nur die gebräuchlichsten dieser Apparate erwähnen, es sind dies der Kohlensäurebestimmungsapparat von Dietrich-Frühling (Bild 8) und der von Cramer verbesserte Baur'sche Apparat (Bild 9). Bei beiden Apparaten wird der Gehalt an kohlensaurem Kalk durch die Kohlensäure bestimmt, welche bei Behandlung mit Salzsäure entwickelt wird. Diese Kohlen-

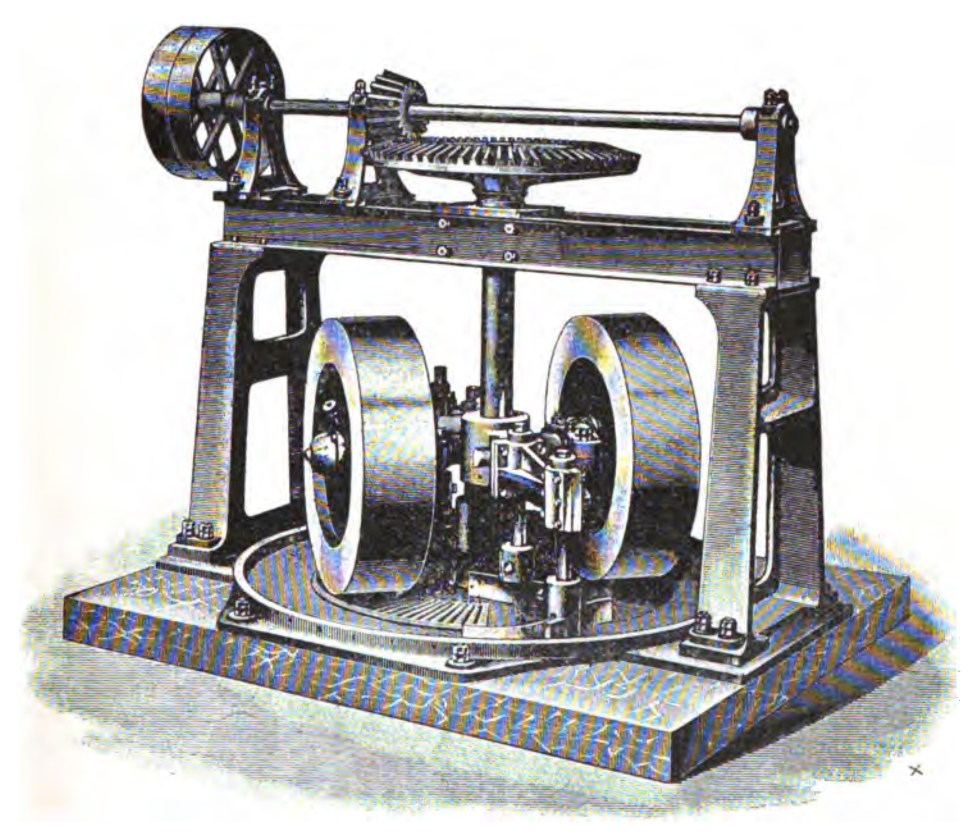


Bild 7. Kollergang.

säure wird dem Raum nach gemessen und danach der Gehalt an kohlensaurem Kalk berechnet.

Die fertige Rohmischung wird entweder zur einstweiligen Lagerung in Silos aufgespeichert oder gelangt zur sofortigen Weiterverarbeitung in eine Netzschnecke, in welcher es mit richtiger Wassermenge angefeuchtet und noch einmal gründlich durchgemischt wird, bis eine gleichmäßige plastische Masse (die Rohmasse) entsteht, die auf einer Ziegelmaschine bekannter Form oder auch auf einer Trockenpresse in Formlinge abgeteilt wird. Die Formlinge werden dann in einen Trockenapparat über-

führt, der verschiedenartig eingerichtet ist. In neueren Fabriken ist hauptsächlich die sogenannte Kanaltrocknung in Gebrauch. Von der Presse aus werden die Formlinge zunächst auf eiserne Wagen geladen, welche auf Schienengeleisen laufen, die zu dem Trockenapparat hinführen. Die Trockenkanäle sind meistens nach dem Grundsatz gebaut, die Formlinge zunächst einer geringeren, später sich nach und nach steigernden Hitze auszusetzen, während die mit den Formlingen beladenen Wagen durch den Trockenkanal durchgezogen oder durchgeschoben werden. Eine solche Trockeneinrichtung stellen unsere Bilder 10 und 11 dar. Der ganze Trockenvorgang nimmt ungefähr 10—12 Stunden in Anspruch und am Ende des Kanals verlassen die Wagen mit den nunmehr trockenen Formlingen die Trockeneinrichtung, um mittelst Aufzuges in das Ofengebäude befördert zu werden. Bei den mit den schon erwähnten Drehrohröfen eingerichteten Fabriken fällt das Verziegeln der Rohmasse fort. Die Rohmischung gelangt dabei unmittelbar in die Oefen und wird im Gegensatz zu anderen Brennapparaten in pulverförmigem Zustand gebrannt. Wenn eine nach dem Naßverfahren arbeitende Fabrik mit Drehrohröfen ausgerüstet ist, so wird der Rohschlamm unmittelbar nach dem Einschlämmen in die Drehrohröfen hineingepumpt, so daß hier die sonst erforderlichen Absetzgruben zum Ansteifen des Schlammes überflüssig werden.



Bild 8. Kohlensäurebestimmungs-Apparat von Dietrich-Frühling.

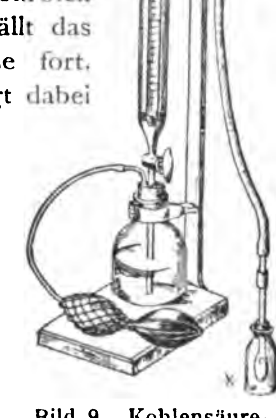


Bild 9. Kohlensäure-bestimmungs-Apparat von Baur.

Um die von der Presse kommenden Formlinge billiger trocknen zu können, hat man in manchen Fabriken mit Erfolg versucht, die von den Brennöfen kommende Wärme zu diesem Zweck auszunutzen, um auf diese Weise die besondere Feuerung für die Kanaltrocknung zu ersparen. Wir werden eine solche Einrichtung, nachdem wir die Brennöfen einer Betrachtung unterzogen haben, noch näher beschreiben.

Zum Brennen des Portlandzements benutzt man Oefen verschiedener Bauart. Es würde uns hier zuweit führen, wenn wir ihnen allen eine

Beschreibung widmen wollten, und es soll nur noch erwähnt werden, daß in vielen Fabriken der Portlandzement auch in gewöhnlichen Ringöfen gebrannt wird, deren nähere Beschreibung später bei der Abhandlung des Kalkes gebracht werden soll. Wir wollen uns darauf beschränken, nur die gebräuchlichsten und wichtigsten Brennofen für die Portlandzement-

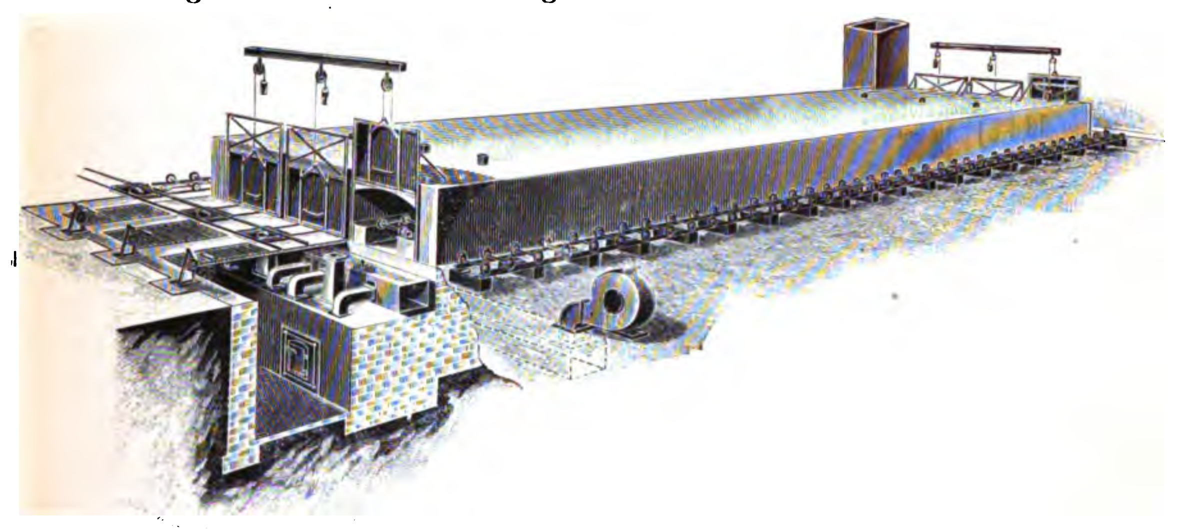


Bild 10. Ansicht einer Kanaltrockenanlage.

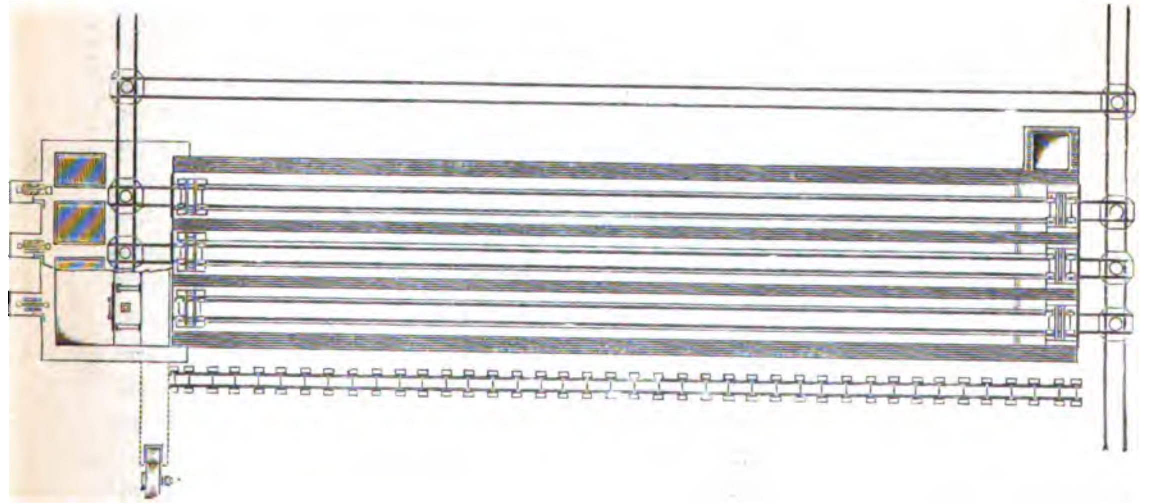


Bild 11. Grundriß der oben gezeichneten Kanaltrockenanlage.

herstellung kennen zu lernen, nämlich den Dietzsch'schen Etagenofen und den Drehrohrofen. Der Dietzsch'sche Etagenofen (Bild 12) ist nach dem Grundsatz der Schachtöfen gebaut, wie wir auch solche beispielsweise bei der Hüttenindustrie finden. Die getrockneten und durch den Aufzug K nach dem obersten Boden des Ofengebäudes beförderten Formlinge werden in den Ofen durch eine Tür bei E hineingegeben, und ge-

langen von dort in den sogenannten Vorwärmer A, von wo aus sie durch den Raum B in den Brennraum C gleiten oder mittelst geeigneter Werkzeuge hineinbefördert werden. Hier wird die Kohle durch die über C sichtbare Tür aufgegeben, und erfolgt das Brennen bis zur beginnenden Sinterung. Die gesinterten Klinker gelangen dann in den Kühlraum G, wo sie durch die den Rost durchstreichende Kühlluft abgekühlt werden. Sie werden dann unten abgezogen und in einen Lagerraum geschafft, wo sie solange zur Abkühlung lagern, bis sie der Mühle übergeben werden.

Die Dietzsch'schen Oefen sind, wie aus unserem Bilde 12 ersichtlich, meistens so gebaut, daß zwei Ofenschächte in einem Mauerkörper vereinigt sind. Beide Brennschächte münden oben in einen gemeinschaftlichen Schornstein. Auf unserem Bilde ist der rechte Ofenschacht in der äußeren Ansicht, der linke im Schnitt gezeichnet. Diese Oefen brennen Tag und Nacht ohne Unterbrechung, und die Brennstoffe werden hierbei gut ausgenutzt, da das frisch aufgegebene Brenngut durch die aus dem Brennraum C entweichenden Heizgase gut vorgewärmt und die erbrannten Klinker durch die unten am Rost eintretende Kühlluft schnell abgekühlt werden, wobei die einströmende Luft sich stark erhitzt. Die heiß in den Brennraum C eintretende Luft begünstigt die gute Verbrennung der dort befindlichen Kohle.

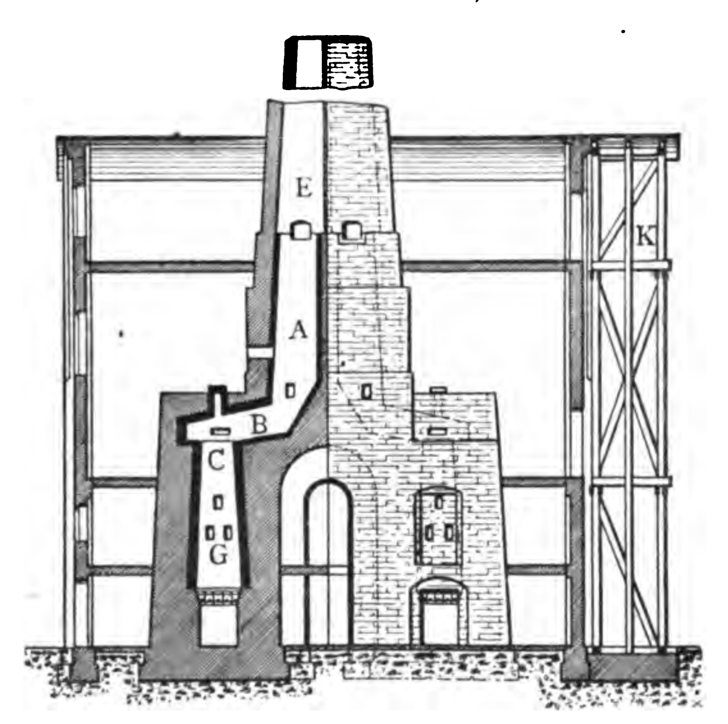


Bild 12. Dietzsch'scher Etagenofen zum Brennen von Portlandzement.

Außer den Dietzsch'schen Oefen gibt es noch eine große Zahl ähnlicher Bauart, welche nach den gleichen Grundsätzen betrieben werden.

Unser Bild 13 zeigt einen Dietzsch'schen Ofen, an welchem eine Trockeneinrichtung für die von der Presse kommenden Formlinge angebaut ist, um die vom Ofen abziehende Wärme zum Trocknen der

Formlinge auszunutzen. Dies ist dadurch bewirkt worden, daß man in dem Vorwärmer Zwischenwände eingebaut hat, wodurch Kanäle k entstehen, die einen Teil der abziehenden Gase in die Trockenkammern t überführen. Diese Trockenkammern werden mit frischen Formlingen besetzt und die Heizgase entweichen dann durch die Abzugsöffnung o wieder in den Schornstein s, aus welchem sie dann, mit Wasserdampf beladen, ins Freie treten.

Es wurde schon erwähnt, daß in den letzten Jahren ein in Amerika erfundener Brennofen in der deutschen Portlandzementherstellung Eingang findet, der Drehrohrofen, welcher in Bild 14 in einer Ausführungsart dargestellt ist. Der Drehrohrofen besteht in der Hauptsache aus einem etwa 20 bis 30 m langen, ausgefütterten, eisernen Rohr A von etwa 2 m Durchmesser, welches sich langsam auf Laufringen C, die auf Rollen laufen, dreht. Bei D befindet sich das Vorgelege, welches den Ofenzilinder in

Bild 13. Dietzsch'scher Etagenofen mit angebauter Trockenvorrichtung (unten Schnitt nach Linie E - F).

Drehung versetzt. Das eiserne Rohr ist mit einem feuerfesten Futter ausgekleidet, und die Rohmischung wird bei G aufgegeben. Wie unser Bild zeigt, ist das Rohr etwas gegen die Wagerechte geneigt. Es liegt am Ende B, wo die gebrannten Klinker den Ofen verlassen, etwas tiefer als an der Einlaufstelle. Als Brennstoff verwendet man bei diesem Ofen fein gemahlene Kohle. Infolgedessen ist zu einer solchen Ofenanlage eine rechts auf unserem Bilde angedeutete Kohlenmühle erforderlich. Der Kohlenstaub wird durch ein Gebläse mit hocherhitzter Luft gemischt, durch das auf unserem Bilde sichtbare Knierohr in das Innere des Ofens eingeblasen und gelangt dort zur Verbrennung, wobei sich eine lange Stichflamme bildet. Die Rohmischung bewegt sich nach und nach durch die langsame Drehung des Ofens von G aus nach der Richtung B hin und wird am tiefer liegenden Ende durch die dort befindliche Stichflamme bis zur Sinterung gebrannt. Die erzeugten kleinkörnigen Klinker fallen dann bei B aus dem Ofen in glühendem Zustand heraus und gelangen in eine sich langsam drehende Kühltrommel E, welche unterhalb des Brenn-

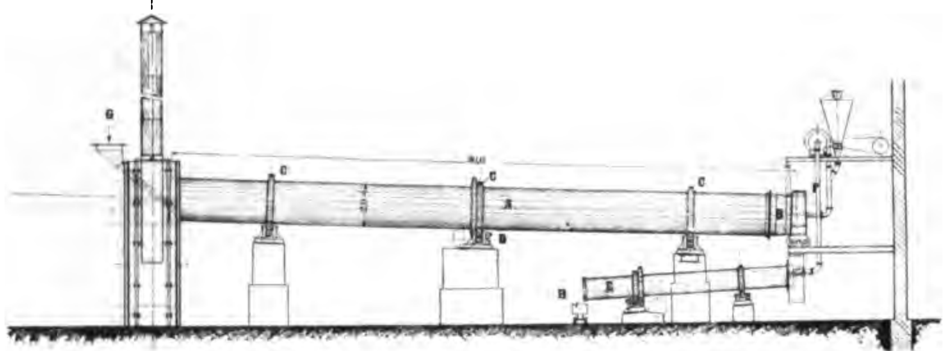


Bild 14. Drehrohrofen mit Kühlofen.

zilinders auf Laufrollen gelagert ist. Durch die bei H in die Kühltrommel eintretende und durch das Rohr F von dem Gebläse abgesaugte Luft werden die glühenden Klinkerkörner schnell abgekühlt und fallen bei H in untergestellte Wagen, während die Luft sich durch das Durchstreichen der heißen Klinkerkörner stark erhitzt hat. Die erhitzte Luft begünstigt dann die Verbrennung des Kohlenstaubes im Brennrohr. Das Gebläse drückt dabei die heiße Luft durch das auf unserem Bilde sichtbare schon erwähnte Knierohr in den Ofen hinein, wobei durch ein von der Kohlenmühle herkommendes Abzweigrohr der Kohlenstaub mitgenommen und in den Ofen geschleudert wird. Die verbrauchten Heizgase streichen durch die ganze Länge des Brennzilinders hindurch, und wärmen die bei G eingebrachte Rohmischung vor. Sie entweichen schließlich mit verhältnismäßig niederer Temperatur durch den links auf unserem Bilde sichtbaren kleinen Schornstein ins Freie.

Dies ist in großen Zügen der Vorgang beim Brennen mit dem Drehrohrofen. Es steht zweifellos fest, daß die Herstellung von Portland-

zement durch diese neue Erfindung sehr vereinfacht wird, weil, wie schon gesagt, das lästige Verformen der Rohmasse hierbei fortfällt, und die Bedienung des Ofens bei weitem leichter ist, als die Bedienung der bisher benutzten anderweitigen Brennöfen. Indessen sind, wie bei allen Neuerungen, auch hier noch viele Schwierigkeiten zu überwinden, und die Zementtechniker sind eifrig beschäftigt, diesen Brennofen zu verbessern. Insbesondere hat es sich als Schwierigkeit herausgestellt, die Kohle in der erforderlichen Feinheit zu zerkleinern. Auch ist zu diesem Zweck nicht jede Kohle anwendbar.

In Amerika hat sich der Drehrohrofen bedeutend schneller eingeführt, weil dort andere Gründe seine schnelle Verbreitung begünstigen. Die außerordentlich hohen Arbeitslöhne in Amerika, welche die äußerste Beschränkung in bezug auf die Zahl der Arbeiter fordern, die bei weitem billigeren Kohlenpreise, die vielfach vorhandene Möglichkeit, mit billigen flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen den Ofen zu betreiben waren hier für die schnelle Einführung von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Es steht zweifellos fest, daß durch die Einführung des Drehrohrofens im Betrieb Arbeitskräfte erspart werden, aber die Ausnutzung der Kohle ist beim Drehrohrofen zurzeit noch nicht wirtschaftlich genug, um seine Einführung in Deutschland bei den hohen Kohlenpreisen überall zu rechtfertigen. Die Anlage eines Drehrohrofens wird sich in denjenigen Fabriken empfehlen, bei denen geeignete Kohle zu billigem Preise zu haben ist, und wo hohe Arbeitslöhne gezahlt werden müssen. Vom theoretischen Standpunkt aus wäre also die Einführung des Drehrohrofens in die Portlandzementindustrie von großer Bedeutung, aber es müssen auch hier die jeweiligen örtlichen Verhältnisse genauer Prüfung unterzogen werden, bevor man die Anlage des Drehrohrofens empfehlen kann.

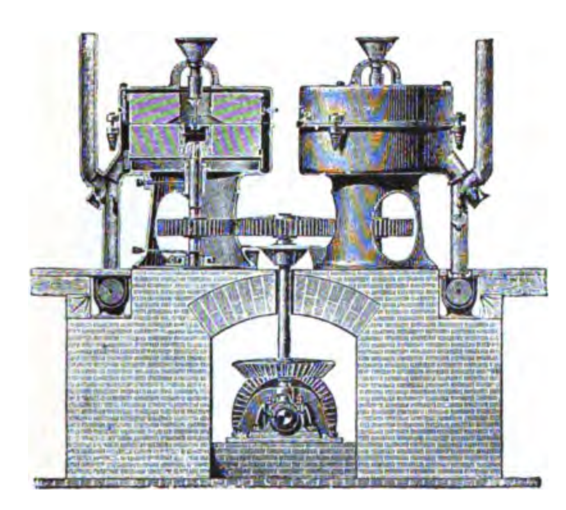


Bild 15. Mahlgänge mit Antrieb.

Die von den Drehrohröfen kommenden Klinkerkörner sind bedeutend härter als die in anderen Oefen erbrannten großstückigen Klinker und mahlen sich deswegen schwerer. Dagegen zeigen sie den Vorteil, daß sie schneller abkühlen und nicht erst gelagert zu werden brauchen, bevor sie in der Zementmühle zur Vermahlung gelangen können.

Gewöhnlich sind die Zementmühlen so eingerichtet, daß die Klinker zunächst auf einen Maulbrecher, wie ein solcher im Bilde 4 in Ansicht dar-

gestellt ist, vorgebrochen und dann den Feinzerkleinerungsapparaten zugeführt werden, die entweder die schon erwähnten Kugelmühlen oder Mahlgänge sind. Die Mahlgänge sind entweder Ober- oder Unterläufer; sie unterscheiden sich von den Mahlgängen der Getreidemühlen nur dadurch, daß die Mühlsteine entsprechend den härteren Stoffen, welche sie zu verarbeiten haben, größer und schwerer gehalten sind. Demgemäß ist auch das gehende Werk, welches die Mühlsteine in Bewegung setzt, bedeutend stärker, als dies in gewöhnlichen Mahlmühlen sonst der Fall ist. Unser Bild 15 bringt uns zwei Mahlgänge zur Anschauung, welche durch eine gemeinschaftliche Königswelle angetrieben werden. Der links auf unserem Bilde sichtbare Mahlgang ist im Schnitt gezeichnet,

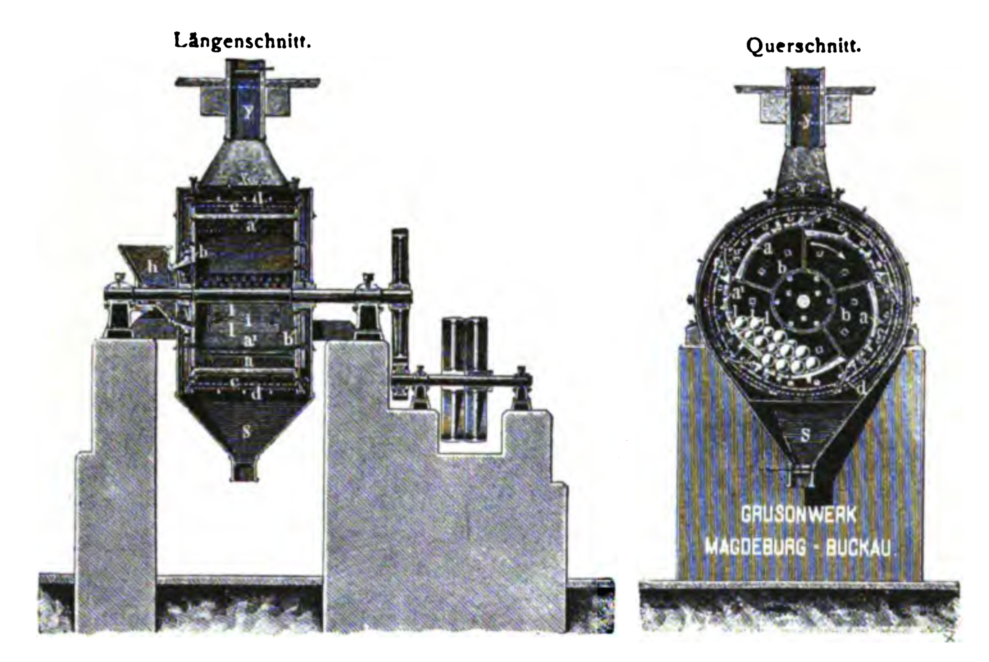



Bild 16. Kugelmühle.

während der rechte in der Ansicht zu sehen ist. Das Mahlgut wird oben aufgegeben, gelangt zwischen die Mühlsteine und läuft am Rande derselben durch die auf unserem Bilde dargestellten, senkrecht abfallenden Rohre in die Förderschnecke, von wo aus es weiterbewegt wird. Nach oben zu schließen sich an die Abfallrohre die Rohre für die Entstaubungsanlage an, welche den entstehenden Staub in besondere Staubkammern führen.

Eine neuere, viel in Anwendung befindliche Mahlmaschine ist die Kugelmühle, die wir auf obigem Bild 16 im Längs- und Querschnitt darstellen. Sie besteht im wesentlichen aus einer sich drehenden Trommel, deren Mantel aus zilindrisch gebogenen mit Löchern oder Schlitzen versehenen

Platten a zusammengesetzt ist und deren schmiedeeiserne auf ihrer Innenseite mit Hartgußplatten h ausgepanzerten Stirnwände durch Nabenscheiben mit der stählernen Welle der Mühle verbunden sind. Im Innern der Trommel befindet sich eine größere Anzahl Stahlkugeln, welche das durch den Trichter h eingebrachte Mahlgut bei der Umdrehung der Mahltrommel zerschlagen und zerreiben. Das zerkleinerte Mahlgut fällt durch Löcher im Trommelmantel auf ein dem Trommelmantel umgebendes zilinderförmiges Sieb c aus gelochtem Stahlblech, welches die gröberen Griese zurückhält, während die feineren Griese auf das aus Metallgewebe bestehende Sieb g gelangen. Das fertige Mehl fällt durch die Maschen dieses Siebes hindurch und wird durch den Auslauftrichter des die ganze Mühle staubdicht einschließenden Blechgehäuses abgezogen. Die noch nicht genügend gefeinten Griese werden durch die durch den Siebmantel c hindurchgehenden Blechschaufeln den Kanälen g zugeführt,

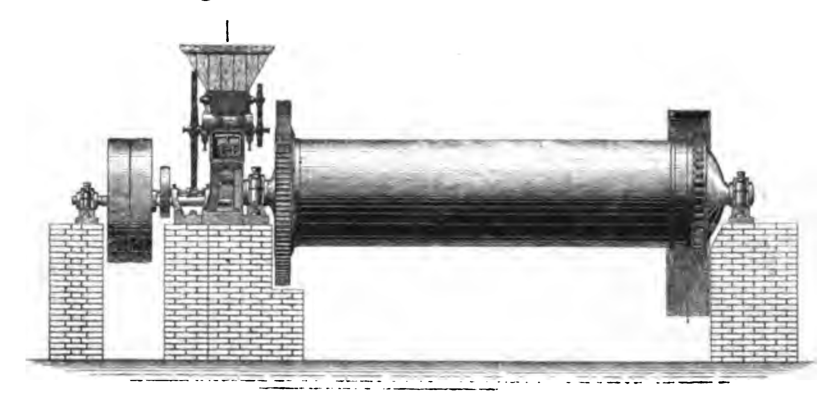


Bild 17. Rohr- oder Griesmühle.

welche sie wieder in das Innere der Trommel zurückfallen lassen, wo sie der Wirkung der Kugeln aufs neue ausgesetzt werden.

Der Betrieb dieser Kugelmühlen erfordert im allgemeinen weniger Sachkenntnis als der Betrieb der Mahlgänge. Die Beaufsichtigung erstreckt sich hierbei in der Hauptsache nur darauf, daß dafür gesorgt wird, daß die Kugelmühle nicht leer läuft und die Zuführung des Mahlgutes der Leistung der Mühle angepaßt wird. Während zum Betrieb der Mahlgänge ein kunstgerecht ausgebildeter Müller erforderlich ist, genügt zur Beaufsichtigung der Kugelmühle in der Regel ein geschickter und williger Arbeiter. Aus diesem Grunde erfreuen sich die Kugelmühlen einer großen Verbreitung.

Da die Klinker wegen ihrer Härte einen bedeutenden Aufwand an Kraft beanspruchen, und es Schwierigkeiten bereitet, auf den Mahlmaschinen die erforderliche Feinheit des Mehles zu erzielen, so sind in neuerer Zeit als schätzenswerte Hilfsmaschinen besonders zu diesem Zweck erbaute Rohr- oder Griesmühlen in den Portlandzementfabriken

in Gebrauch, auf welchen die griesigen Bestandteile leichter zu feinem Mehl zu verarbeiten sind. Eine solche Rohr- oder Griesmühle stellt unser Bild 17 dar. Diese Mühlen werden in verschiedener Bauart gebaut. Ihr besonderes Kennzeichen besteht darin, daß sie in der Hauptsache einen ziemlich langen sich drehenden Zilinder darstellen, in welchem das einlaufende Mahlgut durch im Innern befindliche lose liegende und durch die Drehung des Zilinders übereinander rollende Feuersteine gefeint wird. Das fertige Mehl sammelt sich gewöhnlich auf einem Förderband und gelangt in die Silos zur Aufspeicherung. Durch den Mahlvorgang hat sich der nunmehr fertige Portlandzement erwärmt und kühlt in den Lagerkammern einige Zeit hindurch ab, bis er in dem Verpackungsraum in

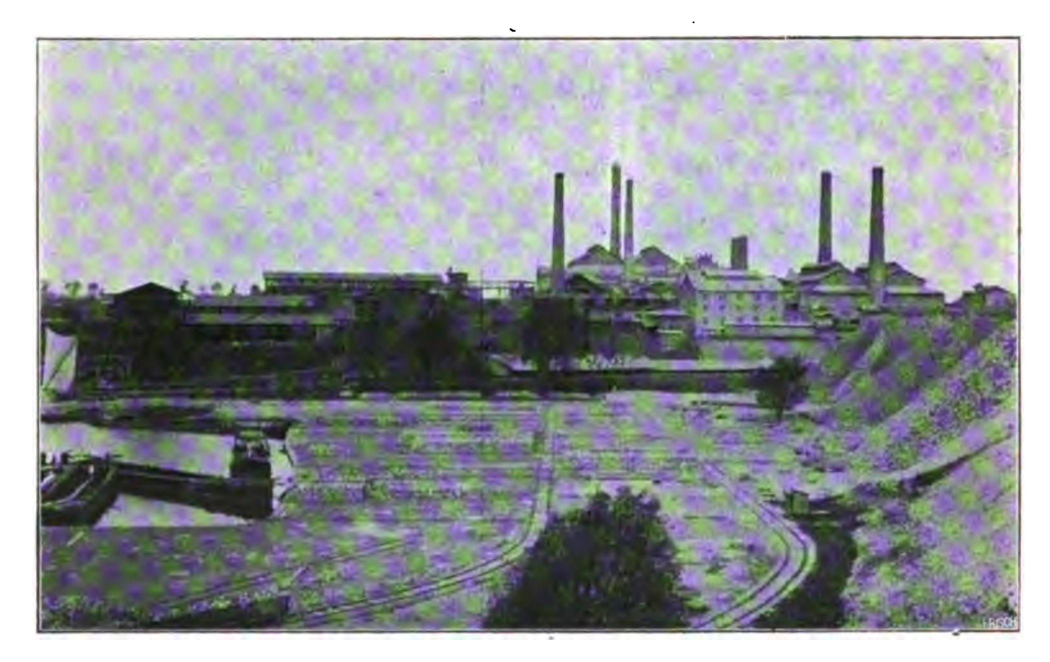


**Bild 18. Ansicht der Rüdersdorfer Portlandzementfabrik.**

Fässer oder Säcke verpackt wird, von wo aus er die Reise in die Welt antritt.

Dies ist im allgemeinen der Herstellungsvorgang des Portlandzementes. Um ein abgerundetes Bild zu geben, soll die Einrichtung und der Betrieb der Portlandzementfabrik Rüdersdorf, vormals Guthmann & Jeserich, jetzt der Aktiengesellschaft Adler gehörig, beschrieben werden, in der Annahme, daß die Leser bei der Wichtigkeit des Mörtelbildners Portlandzement hieran Interesse finden werden. Das Bild 18 zeigt die äußere Ansicht der Fabrik, welche sich südlich vom Bahnhof Rüdersdorf erhebt. Bevor wir jedoch die Fabrik betreten und sie in ihren Einzelheiten besichtigen, wollen wir uns die Lagerstätte des in der Fabrik verarbeiteten Kalksteins genauer betrachten. Die

Kalksteinbrüche sind staatliches Eigentum und liegen in einer landschaftlich schönen wald- und wasserreichen Gegend nicht allzuweit von der Fabrik. Sie sind insofern von besonderem Interesse, als sie nachweisbar bereits seit dem Jahre 1250 ausgebeutet werden. Für Berlin sind diese Brüche von hoher Bedeutung, weil fast der gesamte Kalk und Portlandzement, der in der Riesenstadt verbraucht wird, in den Rüdersdorfer Brüchen gewonnen wird. Jahrhunderte hindurch ist hier nicht allein der Kalk für den Berliner Verbrauch, sondern es sind vor allem auch ungeheure Mengen Bausteine gewonnen worden, welche für die Grundmauern der Berliner Wohnhäuser fast ausschließlich zur Verwendung gelangen.

Bei der Förderung so außerordentlich großer Mengen von Kalkstein war es unausbleiblich, daß sich im Laufe eines halben Jahrtausends eine Unmenge kleiner, zu Bauzwecken und zur Herstellung von Kalk

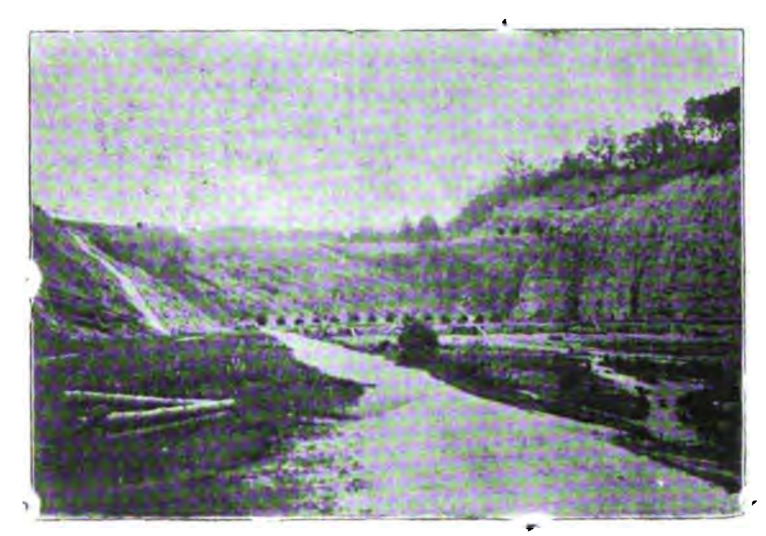


Bild 19. Westlicher Flügel des Heinitztiefbaues der Kalksteinbrüche zu Rüdersdorf.

nicht verwendbarer Steine ansammelten, und daß im Laufe dieser Zeit aus diesen Stoffen förmliche Höhenzüge entstanden sind, die für die weitere Ausbeutung des großen Kalklagers mit der Zeit ein Hemmnis bildeten, weil man den Betrieb nicht nach jeder gewünschten Richtung hin ausdehnen konnte. Die Tatsache, daß diese Schottersteine, welche man gelegentlich zur Herstellung von Chausseen und Aufbesserung von Landstraßen benutzte, einen ausgezeichneten Rohstoff zur Herstellung von Portlandzement darboten, war die Veranlassung, daß die in Rede stehende Portlandzementfabrik gegründet wurde, weil dadurch eine Möglichkeit gegeben war, den sich ansammelnden Ballast wirtschaftlich zu verwenden und einer weiteren Anhäufung vorzubeugen.

Da der Betrieb dieses großen Steinbruches in eigenartiger Weise erfolgt, bringen wir nachstehend eine Beschreibung, wie die Steine hier

gewonnen werden. Wir sehen auf unserem Bilde 19 den westlichen Flügel des sogenannten Heinitztiefbaues und bemerken im Hintergrunde an der Sohle des Bruches eine Reihe in die Felswand eingesprengter Tunnelöffnungen, welche tief ins Innere des Berges hineinführen. Im Gegensatz zum gewöhnlichen Betrieb von Steinbrüchen wird hier nämlich die ganze anstehende Wand auf einmal zum Stürzen gebracht, um dadurch eine verhältnismäßig große Menge Gestein mit geringstem Aufwand von Sprengstoff loszubrechen. Die gleichlaufend zwischen den Stollen stehenbleibenden Tunnelwandungen werden in gewissen Abständen rechtwinklig zur Tunnelachse durchbrochen, sodaß hierdurch Pfeiler entstehen, auf denen schließlich das ganze Gebirge allein ruht. Das Vortreiben der Tunnels und das Durchbrechen der Tunnelwände erfolgt nach allen Regeln der Kunst des Bergmanns. Wenn auf diese Weise eine Anzahl

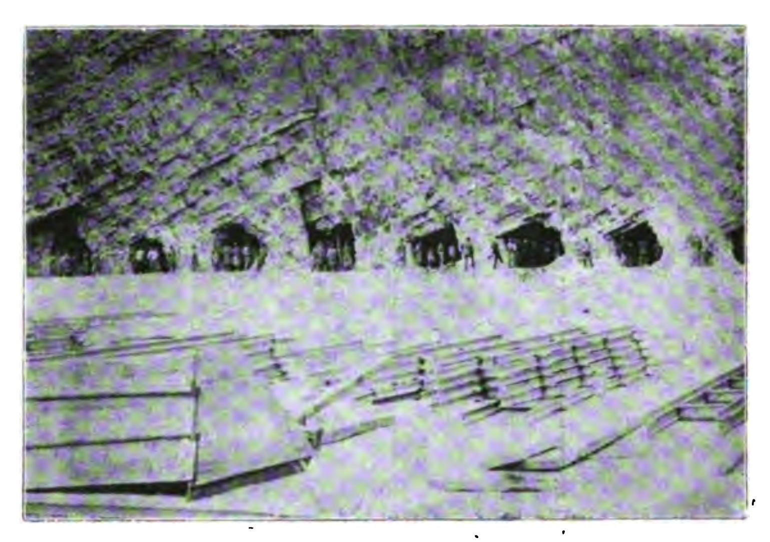


**Bild 20. Bruchwand des Heinitztiefbaues fertig zum Stürzen**

von Pfeilerreihen hergestellt ist, werden sämtliche Pfeiler mit Schießlöchern versehen und nach Füllung der Schießlöcher mit dem Sprengmittel gleichzeitig gesprengt. Die Pfeiler haben einen Querschnitt von etwa 5 × 3 m. Das Sprengen erfolgt mit Pulver, und die Sprengschüsse werden mit der Hand gleichzeitig entzündet. Auf unserem Bilde 20 sehen wir alles zum Lösen der Sprengschüsse vorbereitet, und ein solcher Bergsturz ist nicht nur für die beteiligten Bergleute ein Fest, sondern auch für die Einheimischen, nicht zum mindesten aber auch für zahlreiche Berliner ein Ereignis, das an schönen Sommertagen Tausende von Menschen als Zuschauer anlockt. Es ist in der Tat ein großartiger Anblick, wenn im Augenblick der Entzündung der Sprengstoffe die ungeheure etwa 30 m hohe Bruchwand in sich zusammenstürzt. Unser nächstes Bild 21 gibt nach einer photographischen Aufnahme diesen entscheidenden Augenblick in außerordentlich deutlicher Weise wieder.

Die auf diese Weise gewonnenen Blöcke haben häufig mehrere Kubikmeter Inhalt und werden dann je nach Bedarf weiter zerkleinert. Die Steine mit dichtem Gefüge werden als Bausteine verwendet, die übrigen werden in Kalköfen zu Baukalk gebrannt, und das Geröll gelangt zur Herstellung von Portlandzement in die Fabrik.

Genau genommen handelt es sich hier um zwei getrennte Fabriken, die durch die Chaussee getrennt, dicht nebeneinander liegen. Im Süden die sogenannte alte Fabrik, im Norden die neue Fabrik. Wir wollen zunächst die neue Fabrik genauer betrachten. Von Süden her münden die Geleise, auf welchen die Steine herangefahren werden, auf dem Fabrikgelände ein. Zwei Abzweigungen führen die Steine zunächst nach den Trockenanlagen 1 und 38 (siehe Bild 22), wo sie in geheizte Kammern geschüttet und dort von ihrer natürlichen Grubenfeuchtigkeit

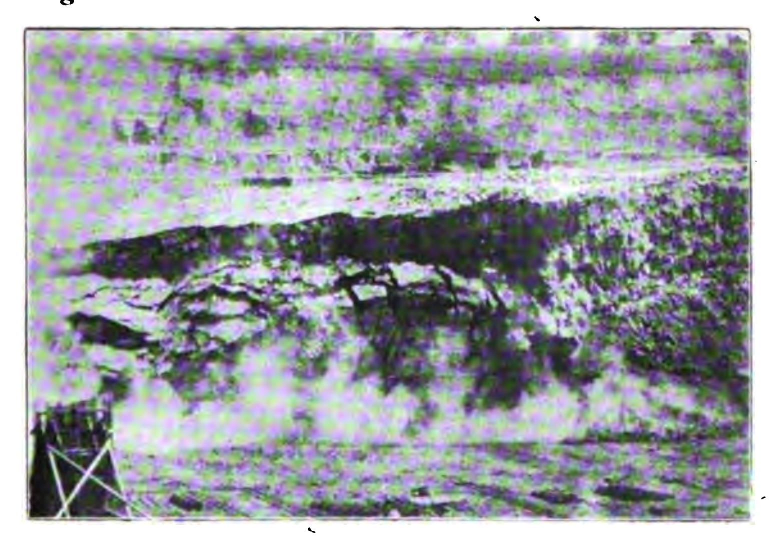
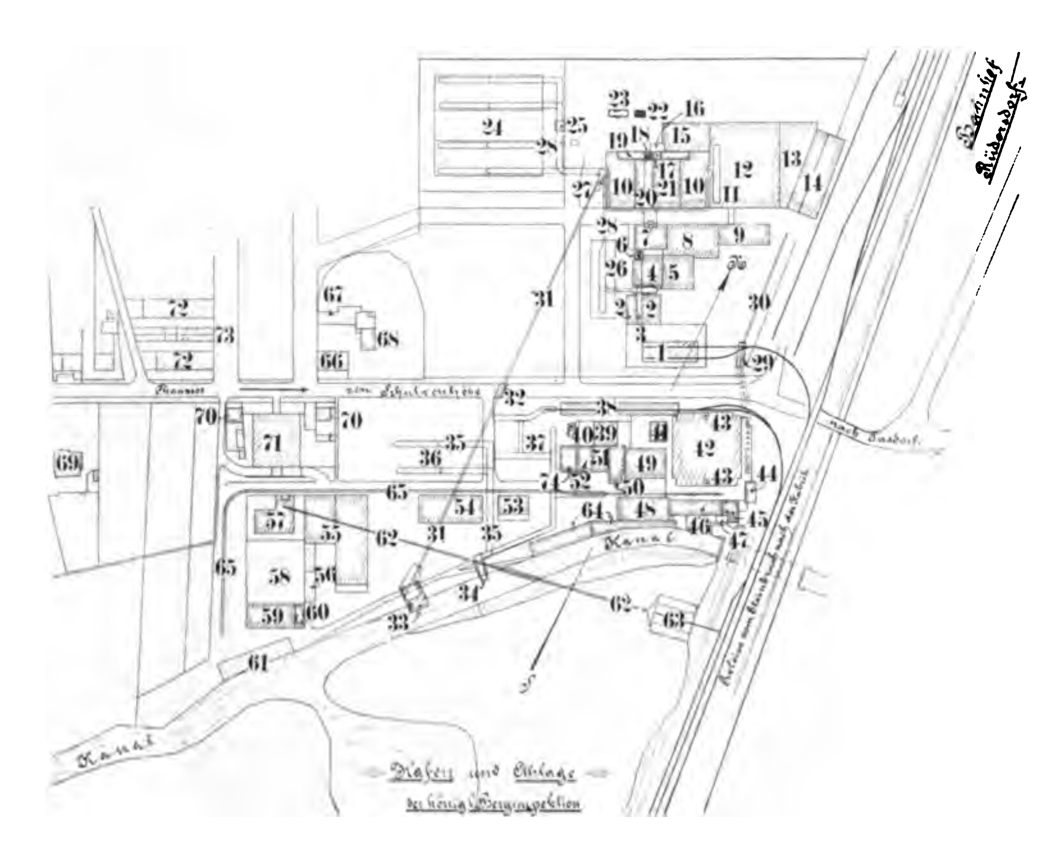


Bild 21. Ein Bergsturz in Rüdersdorf

befreit werden. Durch einen Aufzug bei 3 gelangen sie dann in die Trockentrommeln 2, wie wir eine solche im Bilde 2 dargestellt haben. Hier erfolgt auch der Tonzusatz zu den Steinen. Nach dem Verlassen der Trockentrommeln geht das Rohgemenge in die Rohmühle 5, nachdem es vorher zum Auskühlen in dem Raum 4 aufgeschüttet worden war. Die Rohmühle der Fabrik ist mit Mahlgängen und mit Kugelmühlen versehen, welche das Rohgemenge zu staubfeinem Mehl zermahlen. Die von der Rohmühle kommende Rohmischung sammelt sich in Beförderungsschnecken und wird von dort aus in die Vormischer geleitet, von wo aus sie verschiedene Netzschnecken durchläuft, in welchen sie mit dem notwendigen Wasserzusatz in einen knetbaren plastischen Zustand versetzt wird. Die erhaltene Rohmasse wird auf zwei Ziegelpressen, von denen jede einen doppelten Strang liefert, ganz so verformt, wie dies auf jeder mit Maschineneinrichtung versehenen Ziegelei der Fall ist.




*Gebäude-Beschreibung der Gesamtanlage.*

1 *Kalksteintrockenkammern,*
2 *Trockentrommeln,*
3 *Kettenaufzug,*
4 *Magazin,*
5 *Rohmühle,*
6 *Kesselkamin,*
7 *Kesselhaus,*
8 *Maschinenhaus,*
9 *Zementmühle,*
10 *Guthmann'sche Zementöfen,*
11 *Kettenbahn,*
12 *Zementklinkerschuppen,*
13 *Faßschuppen,*
14 *Silo und Verladeschuppen,*
15 *Drehrohrofengebäude,*
16 *Kreissägeschuppen,*
17 *Zementöfenkamin,*
18 *Metallgießerei,*
19 *Schlosserei,*
20 *Schmiede und Dreherei,*
21 *Magazin,*
22 *Beschlagsschmiede,*
23 *Holzschuppen,*
24 *Kohlenhof,*
25 *Kohlenaufzug,*
26 *Tonplatz,*
27 *Endstation der Seilbahn,*
28 *Hängebahn zur Förderung von Kohlen und Ton,*
29 *Tunnel für die Seilbahn,*
30 *Seilbahn zur Verbindung der beiden Fabriken,*
31 *Seilbahn für Ton u. Kohle,*
32 *Schutzbrücke,*
33 *Löschkran und Aufzug,*
34 *Ton- und Kohlenaufzug,*
35 *Kohlenbahn,*
36 *Kohlenhof,*
37 *Tonplatz,*
38 *Kalksteintrockenkammern,*
39 *Tondarre,*
40 *Kesselkamin,*
41 *Dietzsch'sche Oefen,*
42 *Ofengebäude,*
43 *Kamine,*
44 *Silo,*
45 *Lokomobilenhaus,*
46 *Zementmühle,*
47 *Wasserturm,*
48 *Zementsilo,*
49 *Rohmühle,*
50 *Maschinenhaus,*
51 *Kesselhaus,*
52 *Tischlerei,*
53 *Speiseraum,*
54 *Faßschuppen,*
55 *Zementschuppen,*
56 *Bremsberganlage,*
57 *Kalköfen,*
58 *Kalklöschbänke,*
59 *Kalkmühle,*
60 *Lokomobilhaus,*
61 *Kalkverladeschuppen,*
62 *Kalksteinseilbahn,*
63 *Kalksteinhalde,*
64 *Verladeschuppen,*
65 *Seilbahn,*
66 *Verwaltungsgebäude,*
67 *Wirtschaftsgebäude,*
68 *Scheune,*
69 *Direktorwohnhaus,*
70 *Meisterwohnhäuser,*
71 *Kantine und Arbeiterherberge,*
72 *Arbeiterwohnhäuser,*
73 *Ställe,*
74 *Laboratorium.*

Bild 22. Lageplan der Rüdersdorfer Portlandzementfabrik.

Die fertigen, noch feuchten Formlinge werden auf einem Elevator in eine lange Reihe von Kammern befördert, welche durch die abziehenden Gichtgase der noch zu erwähnenden Brennöfen erwärmt werden.

Die Oefen 10 auf unserem Bilde 22 sind sogenannte Guthmann-Prüssing'sche Zementbrennöfen, eine Abart des vorher beschriebenen Dietzsch'schen Etagenofens. Der Betrieb dieser Oefen erfolgt ohne Unterbrechung, d. h. die Oefen stehen Tag und Nacht in Brand. Die Art und Weise, wie die Oefen bedient werden, ist die gleiche, wie bei den gewöhnlichen Dietzsch'schen Oefen. Im Gegensatz zu den Dietzsch'schen Oefen hat jedoch jeder Guthmann'sche Ofen je zwei Vor-



**Bild 23. Blick in den Kohlenhof der Rüdersdorfer Portlandzementfabrik.**

wärmer, während beim Dietzsch'schen Ofen nur einer für einen Schacht vorhanden ist. Außerdem ist der Brennschacht, entsprechend den zwei Vorwärmerräumen bedeutend größer gehalten. Von dem richtigen Gang des Brennofens hängt die Güte des Zementes sehr wesentlich ab.

Die von den Oefen kommenden Zementklinker werden in den Klinkerhallen 12 zur Abkühlung niedergelegt und gelangen von dort aus nach etwa zweimonatlicher Lagerung mittelst einer Kettenbahn 11 in die Zementmühle 9. Die Klinkerhallen sind so bemessen, daß die Klinker für ungefähr 60000 Normalfaß zu 170 kg Portlandzement gelagert werden können.

In den letzten Jahren wird in der Rüdersdorter Fabrik ein Teil des

Portlandzements in Drehrohröfen erbrannt. Zurzeit sind vier solcher Oefen im Betrieb, welche die von der Rohmühle kommende Rohmischung ohne vorheriges Verformen auf der Ziegelpresse erbrennen. Die Oefen sind dieselben, welche auf S. 35 beschrieben worden sind.



Bild 24. Selbsttätige Faßpackmaschine.

Die Zementmühle enthält vier Kugelmühlen, welche die Klinker zu Griese zerkleinern und ferner zwei große Rohrmühlen, welche die Griese weiter vermahlen. Das von diesen Mahlmaschinen erzeugte Zementmehl wird mittelst einer Sammelschnecke in die Silos 14 geleitet, denen der

Packraum vorgelagert ist. In diesen Silos können mehr als 12000 Faß Portlandzement gleichzeitig gelagert werden. In der Packhalle wird der fertige Zement mittelst Packmaschinen, welche in Bild 24 abgebildet sind, in Fässer oder Säcke verpackt. Das vor der Packhalle liegende Anschlußgeleis, welches in unmittelbarer Verbindung mit dem Bahnhof Rüdersdorf steht, ermöglicht das Verladen der Fässer auf bequeme Weise in die Eisenbahnwagen.

Die Fabrik ist mit einer umfangreichen Entstäubungsanlage versehen, um den bei der Herstellung des Zements entstehenden Staub für die Arbeiter möglichst unschädlich zu machen. Der Staub wird hierbei an der

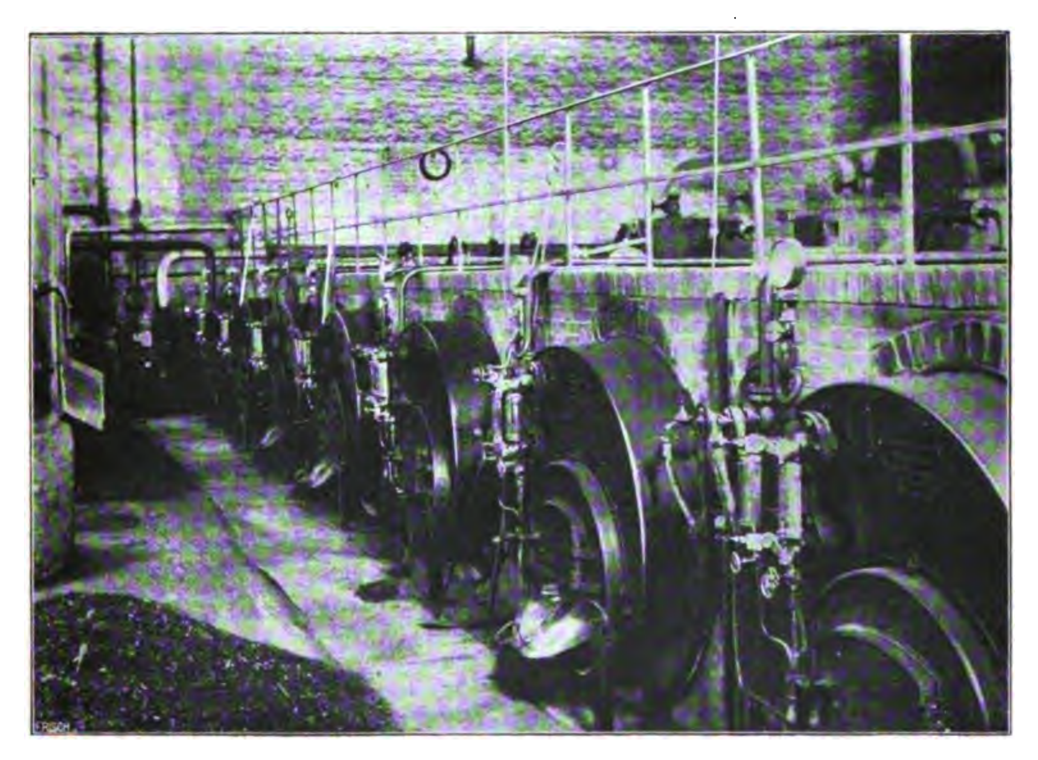


Bild 25. Einblick in das Kesselhaus der Rüdersdorfer Portlandzementfabrik.

Entstehungsstelle durch große Gebläse abgesaugt und in besondere Staubkammern geführt, wo er zur Ablagerung gelangt und wieder nutzbar gemacht wird.

Die Ueberwachung des Betriebes in bezug auf richtige Zusammensetzung der Rohstoffe findet durch geschulte Chemiker statt, zu welchem Zweck ein gut eingerichtetes Laboratorium (74) zur Verfügung steht.

Die zum Betriebe erforderlichen Kohlen werden auf dem Wasserwege herangeschafft und durch zwei Entladestationen 32 und 34 mittelst Hänge- und Seilbahnen 31 und 35 in die Fabrik befördert Um einen größeren Kohlenvorrat für alle Fälle, besonders die Wintermonate hin-

durch, wo die Schiffahrt teilweise ruht, zu sichern, befinden sich auf dem Fabrikgelände zwei große Kohlenhöfe, von denen unser Bild 23 uns einen vorführt. Auf den zur Kohlenförderung benutzten Hängebahnen wird auch gleichzeitig der Ton in die Fabrik geschafft.

Es bleibt uns noch übrig, die Kraftquelle zu betrachten, welche die Kraft für die zahlreichen Maschinen liefert. Unser Bild 25 gibt uns einen Einblick in das Kesselhaus 7, in welchem acht große Einflammrohrkessel von je 80 qm Heizfläche vorhanden sind, die mit einem Ueberdruck von 14 At. arbeiten. Die mit Kohlen gefüllten Hängebahnwagen werden in einem auf unserem Bilde seitlich links teilweise sichtbaren Kohlensilo entleert,

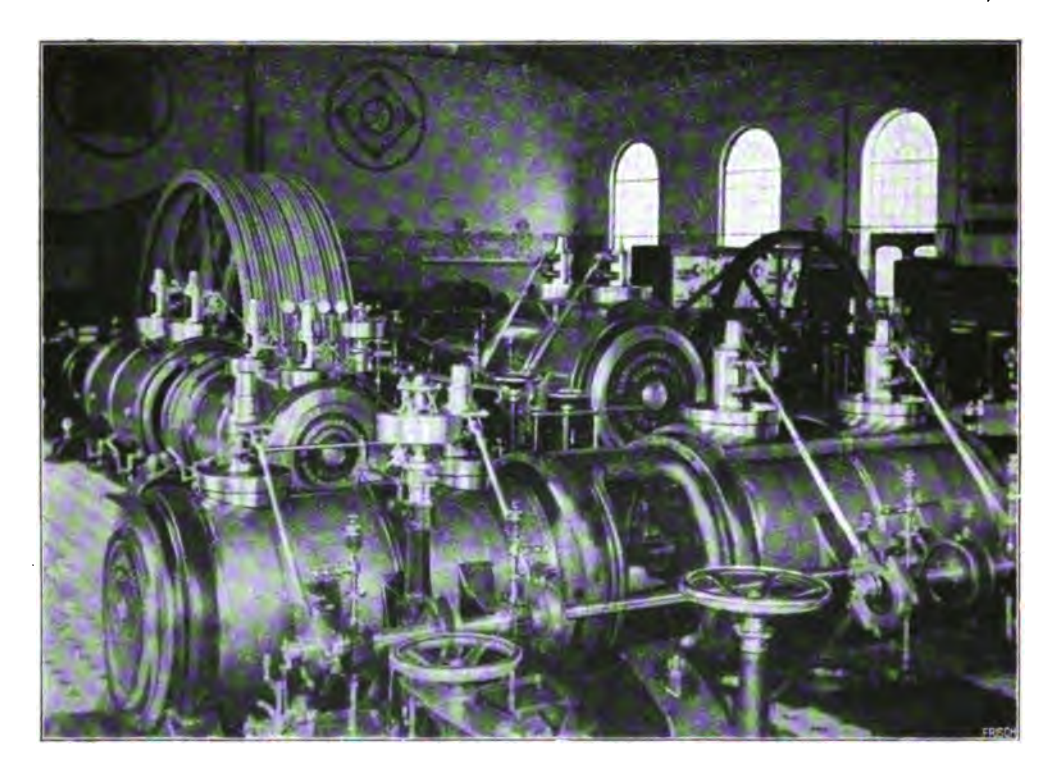


**Bild 26. Maschinenhaus der Rüdersdorfer Portlandzementfabrik.**

aus welchem die Kohlen nach Bedarf von den Heizern entnommen werden.

Das unmittelbar neben dem Kesselhaus belegene Maschinenhaus 8 enthält eine große dreizilindrische Dampfmaschine von 550 PS., eine ebensolche von 560 PS., sowie eine zweizilindrische von 180 PS., die zum Betrieb des ganzen Werkes einschließlich der elektrischen Beleuchtung dienen. Alle Maschinen sind als Verbundmaschinen gebaut und mit Kondensation versehen, um eine zeitgemäße Ausnutzung des Dampfes erzielen zu können. Unser Bild 26 gibt uns einen Einblick in das Maschinenhaus.

Zum Schluß wollen wir noch einen Blick in die ältere Anlage werfen, die, wie aus unserem Lageplan ersichtlich ist, unmittelbar am

Ufer des Kanals südlich der Chaussee belegen ist. Der Fabrikationsgang ist hier der gleiche, auch die Maschinen sind im allgemeinen derselben Bauart. In diesem Teil sind auch das Verwaltungsgebäude (1), das Laboratorium sowie die dem Arbeiterwohl dienenden Gebäulichkeiten, wie z. B. die Arbeiterkaserne, Kantine, der Baderaum, ein Lazareth mit 12 Betten (71). und der Speise- und Aufenthaltsraum der Arbeiter (53) untergebracht.

Von der älteren Anlage aus wird die Verladung des Zements vorzugsweise zu Wasser bewirkt, weswegen die Verlade- und Packschuppen unmittelbar an das Ufer des Kanals gelegt sind, sodaß die Verladung in die Kähne glatt erfolgen kann. Da der bei weitem größte Teil der Jahreserzeugung auf dem Wasserwege verladen wird, sind demgemäß auch die hier in Betracht kommenden Silos auf 32000 Faß Fassungsvermögen berechnet.

Die Gesamtleistungsfähigkeit der ganzen Anlage beträgt jährlich 700000 Normalfaß, d. h. es können etwa täglich, das Jahr zu 300 Arbeitstagen gerechnet, rund 2300 Faß hergestellt werden, wozu etwa 150000 kg Kohlen täglich verbraucht werden.

Außer der Herstellung von Portlandzement betreibt das Werk auch noch die Herstellung von hydraulischem Kalk. Die Kalkfabrik ist der älteren Anlage angegliedert und im südwestlichen Teil untergebracht. Auch hier erfolgt die Verladung meistens auf dem Wasserwege.

*Romanzement.* Zur Herstellung von Romanzement benutzt man passend zusammengesetzte Kalkmergel, wie sie die Natur an manchen Orten darbietet. Die zur Herstellung von Romanzement geeigneten Kalkmergelarten müssen einen so hohen Gehalt an Tonerdesilikaten besitzen, daß sie nach Austreibung der Kohlensäure durch das Brennen bei Ueberbrausen mit Wasser nicht mehr ablöschen und zu Pulver zerfallen, sondern ihre Form bewahren.

Die Herstellung erfolgt dadurch, daß man die im Steinbruch gewonnenen Steine, ohne sie vorher zu mehlfeinem Pulver zu zerkleinern, in den gleichen Oefen, wie man sie bei der Portlandzementherstellung benutzt, bis zur Austreibung der in ihnen enthaltenen Kohlensäure brennt. Ein Erhitzen bis zur Sinterung ist zu vermeiden. Die Herstellung von Romanzement ist also bei weitem einfacher und billiger als die Gewinnung des Portlandzementes. Trotzdem bedarf es genauer Innehaltung einzelner Punkte, wenn ein guter Romanzement erzielt werden soll. Große Sorgfalt erfordert allein die Auswahl der Rohsteine. In vielen Mergelbrüchen weichen die verschieden zusammengesetzten Schichten in ihrem Kalkgehalt sehr voneinander ab. Die Unterschiede im Kalkgehalt können dabei sehr groß sein. Wird bei der Auswahl der Rohsteine hier nicht sehr genau vorgegangen, so kann es leicht vorkommen, daß treibender Romanzement entsteht. Es gilt daher vor allem, die zu

kalkreichen Schichten sorgfältig auszusondern. Will man sie trotzdem verwenden, so helfen sich manche Fabriken dadurch, daß sie die über den zulässigen Kalkgehalt hinausgehenden Steine bei einer so gemäßigten Hitze brennen, daß nur ein Teil des kohlensauren Kalkes seiner Kohlensäure beraubt wird. Der entstandene Aetzkalk entspricht dann zwar dem Silikatgehalte, der unzersetzt bleibende kohlensaure Kalk muß aber in dem Mörtel als Ballast wirken. Die Brennhitze liegt bedeutend unterhalb der des gewöhnlichen Kalkes, etwa bei 800—900 Grad. Geht man darüber hinaus, so läuft man Gefahr, daß eine zu weit gehende chemische Bindung zwischen Kalk und Silikaten eintritt. Dadurch werden aber gerade die wertvollsten Eigenschaften des Romanzementes, die schnelle Erhärtung und die Mörtelausgibigkeit, beeinträchtigt. Zwar bindet auch der überbrannte Romanzement nach dem Mahlen mit Wasser ab, aber langsamer als der richtiggebrannte Romanzement. Der gebrannte Romanzementstein, den man in Süddeutschland zum Unterschiede von dem Portlandzementklinker mit dem Namen „Scherben" bezeichnet, klebt an der Zunge an, löscht beim Ueberbrausen mit Wasser nicht mehr ab, zerfällt aber nach und nach langsam beim Lagern an der Luft. Das Mahlen bereitet wenig Schwierigkeit, denn im allgemeinen sind die gebrannten Mergelstücke sehr weich und wenig widerstandsfähig gegenüber der Einwirkung der Zerkleinerungsmaschine. Man bricht sie auf dem Kollergange oder in einem Desintegrator vor, häufig auch in Schlagkreuzmühlen bis auf Erbsengröße und mahlt sie auf Mahlgängen fein. Was den Grad der Feinung anbelangt, so wird natürlich die Einwirkung des Wassers um so gründlicher sein, je kleiner die kleinsten Teile des Bindemittels sind. Auch hier gilt derselbe Grundsatz wie beim Portlandzement, mahle so fein als möglich. Die Farbe der Romanzemente ist äußerst verschieden. In erster Linie ist sie von der chemischen Zusammensetzung des Rohsteines abhängig, vor allem aber von dessen Eisengehalt. Von großem Einfluß ist aber auch der Hitzegrad beim Brennen, und es können hier schon geringe Unterschiede auffallende Farbveränderungen hervorrufen. Hierauf muß also beim Brennen geachtet und genügend Rücksicht genommen werden. Romanzement verträgt im allgemeinen das Lagern nicht so gut wie Portlandzement, da der in ihm enthaltene freie Kalk sich hydratisiert, und weiterhin nach und nach in kohlensauren Kalk zurückgebildet wird. Immerhin lagert er sich nicht schlechter, als der gewöhnliche gemahlene Luftkalk und er kann in dieser Hinsicht, geeignete Lagerräume vorausgesetzt, auch längere Zeit aufbewahrt werden. Der Versand erfolgt in Säcken von verschiedenem Gewicht oder in Fässern. In Amerika finden in neuerer Zeit Papiersäcke zu diesem Zweck immer größere Aufnahme.

*Eisen- oder Erzzement.* Leider ist Portlandzement nur mit gewissen Einschränkungen als widerstandsfähig gegen Meerwasser zu be-

trachten. Das Meerwasser enthält Salze, wie Chlornatrium, Chlormagnesium, Calciumsulfat, Magnesiumsulfat usw., die auf die Oberfläche der Portlandzementbetonbauten zerstörend wirken. Mit der Lösung der Frage, welche chemischen Vorgänge dabei auftreten, haben sich die Fachgelehrten eingehend beschäftigt, vor allem Vicat, Michaëlis und Rebuffat. Nach den Untersuchungsergebnissen dieser Forscher tritt die Zerstörung um so schneller ein, je mehr Tonerdeverbindungen in dem Portlandzement enthalten sind. Glücklicherweise geht die Zerstörung, welche das Meerwasser auf den Portlandzementbeton ausübt, nach den bisherigen Beobachtungen nicht sehr tief in das Innere des Betons hinein, so daß von einer in absehbarer Zeit eintretenden gänzlichen Zerstörung der Bauwerke keine Rede sein kann. Die Ursache, daß die Zerstörung nicht weiter in das Innere fortschreitet, beruht auf dem Umstand, daß sich bald durch die chemischen Vorgänge eine Schutzhaut bildet, welche dem weiteren Fortschreiten der Zerstörung durch das Seewasser Halt gebietet, andererseits scheint es aber auch festzustehen, daß die Einwirkung des Meerwassers lediglich in dem Zeitraum stattfindet, in welchem der Portlandzement in der Erhärtung begriffen ist. Die Meerwasserfrage hat selbstverständlich unter den Zementtechnikern hohe Aufmerksamkeit erregt, und man war seit langem bestrebt, diese schädliche Einwirkung des Meerwassers möglichst zu beheben. Michaëlis schlug vor, dem Portlandzement vor der Verarbeitung zu Beton eine gewisse Menge Traß zuzusetzen, und angestellte Versuche haben bewiesen, daß bei Zufügung von Traß die fraglichen Erscheinungen tatsächlich stark gemildert werden. Als man erkannt hatte, daß der Tonerdegehalt der Portlandzemente auf den Umfang der Zerstörungen von Einfluß war, versuchte das Grusonwerk Friedr. Krupp einen tonerdearmen Portlandzement herzustellen, indem es den Zusatz an Ton durch Metalloxyde, insbesondere Eisenoxyd, ersetzte. Diesem Erzeugnis wurde die Bezeichnung Erz- oder Eisenzement beigelegt. Fabrikmäßig wird der Eisenzement von der Portlandzementfabrik in Hemmoor an der Oste hergestellt. Es ist heute gelungen, den Tonerdegehalt bis auf 1,5 v. H. im Erzzement herabzusetzen. Die vom Königlichen Material-Prüfungsamt in Groß-Lichterfelde-West angestellten Versuche haben ergeben, daß der Erzzement gegenüber dem Portlandzement ein bei weitem günstigeres Verhalten im Meerwasser zeigt.

Da die Herstellung des Erzzementes naturgemäß höhere Kosten verursacht, so wird die Verwendung desselben für die Zukunft sich wohl darauf beschränken müssen, daß er vorzugsweise als Schutzüberzug für Bauten im Meerwasser verwendet wird.

Gemischte Zemente nennt man solche Mörtelbildner, denen nach dem Brennen noch andere Stoffe in größeren Mengen zugefügt werden, welche geeignet sind, die hydraulischen Eigenschaften des Mörtelbildners zu erhöhen oder auch erst hervorzurufen. Als solche Stoffe werden in

der Regel Schlackenmehl, gepulverter Aetzkalk oder auch Portlandzement verwendet. Ein gemischter Zement stellt also kein einheitliches Erzeugnis dar, weil man die Zusätze in beliebigen Mengen dem Grundstoff zusetzen kann, wodurch natürlich der Abbinde- und Erhärtungsvorgang des Zements in seinem Verlauf stark beeinflußt wird und auch die Festigkeit des Bindemittels in weiten Grenzen schwanken muß, je nachdem der eine oder der andere Stoff vorherrscht. Es liegt die Gefahr vor, daß bei gemischten Zementen der billigere Stoff aus gewinnsüchtigen Absichten in größerer Menge zugesetzt wird, so daß die Güte des Zementes stark beeinträchtigt wird. Eine Gewähr für gleichbleibende Güte, wie beim Portlandzement, hat daher der Käufer selten.

*Puzzolanzement.* Unter Puzzolanzementen versteht man Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung pulverförmigen Kalkhydrates mit staubfein zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen entstehen. Man unterscheidet zwischen natürlichen und künstlichen Puzzolanen. Im weiteren Sinn kann man auch zu den natürlichen Puzzolanen den später noch zu erwähnenden Mörtelbildner Traß und die Santorinerde rechnen, welche an manchen Orten gefunden werden und nur der Zerkleinerung bedürfen, um entweder selbständig erhärtende oder durch Zusatz anderer Stoffe hydraulische Mörtelbildner zu werden.

Der Hauptfundort der natürlichen Puzzolane im engeren Sinne ist die Gegend von Puzzuoli in der Nähe von Neapel. Von hier stammt auch der Mörtel, welchen die alten Römer vielfach, insbesondere zur Herstellung von Wasserbauten, benutzt haben. Ihrer Beschaffenheit nach sind die Puzzolane ein vulkanisches Tuffgestein. Alle Puzzolane zeichnen sich durch hohen Gehalt an chemisch verbindungsfähiger Kieselsäure aus. Die Farbe der Puzzolane ist entweder grau, gelb oder braun, oft mit einem Stich ins Rote und wechselt je nach den Fundorten und der chemischen Zusammensetzung. Die natürlichen Puzzolane binden in der Regel langsam ab und sind für Wasserbauten unter Umständen mit Vorteil zu verwenden. An der Luft haben sie oft Neigung, rissig zu werden. Aus diesem Grunde und in Anbetracht der wenigen Fundorte der natürlichen Puzzolane ist ihr Anwendungsgebiet nur beschränkt.

Die künstlich hergestellten Puzzolane werden meistens aus granulierter, gepulverter Hochofenschlacke unter Zusatz von Kalk oder Traß hergestellt. In ihrem Verhalten beim Abbinden und Erhärten kommen sie den natürlichen Puzzolanen vollständig gleich. Die Puzzolanzemente haben nur eine geringe Anfangsfestigkeit und erreichen nur in seltenen Fällen die Festigkeit des Portland- und Romanzementes. Ihr Anwendungsgebiet ist in Deutschland sehr beschränkt, und die Entwickelung der Portlandzementindustrie hat dieses Bindemittel zurzeit fast völlig in den Hintergrund gedrängt, so daß man an dieser Stelle wohl darüber hinweggehen darf, da das vorliegende Buch vorwiegend praktischen Zwecken dienen soll.

*Schlackenzemente.* Alle Schlackenzemente, welche aus mehlfein zerkleinerten, granulierten Hochofenschlacken bestimmter Zusammensetzung hergestellt werden, gehören, wie schon in dem vorigen Absatz bemerkt wurde, in die Reihe der Puzzolanzemente, denen sie in ihrem Verhalten beim Abbinden und Erhärten nahe kommen. Es gab eine Zeit, wo die Schlackenzemente vielfach angewendet wurden, und es ist nicht zu leugnen, daß einzelne Schlackenzemente, am rechten Ort angewandt, mit Vorteil den Portlandzement ersetzen können.

Die Herstellung des Schlackenzementes geschieht nach verschiedenen voneinander abweichenden Verfahren. Meistens wird Schlackenzement aus granulierter Hochofenschlacke und gebrannten Kalk hergestellt. Das Granulieren erfolgt durch Einlassen feuerflüssiger Schlacke in kaltes Wasser, wodurch sie ein sandartiges Aussehen erhält. Dieser Schlackensand wird zur Herstellung von Schlackenzement künstlich getrocknet, wobei darauf zu achten ist, daß der Schlackensand je nach seiner chemischen Zusammensetzung bei bestimmter Temperatur getrocknet werden muß. Schlackensande, welche zu stark erhitzt werden, verlieren teilweise ihre hydraulischen Eigenschaften. Nach dem Trocknen und Erhitzen wird die Schlacke unter Zusatz von trocken gelöschten Kalk gemahlen. Das Mahlgut ist ein zementartiges Pulver von grauer Farbe, welches je nach der ursprünglichen Zusammensetzung der Schlacke mehr oder weniger starke hydraulische Eigenschaften zeigt.

So wertvoll es auch für die Allgemeinheit ist, wenn sonst wertlose Abfälle, wie es die Hochofenschlacken im allgemeinen sind, nutzbar verwendet werden können, so stößt die Herstellung von Schlackenzement immerhin auf gewisse Schwierigkeiten. Zunächst muß dabei berücksichtigt werden, daß in den meisten Hüttenwerken Eisenerze verschiedener Herkunft verhüttet werden müssen, je nach dem, wie sie gerade auf den Markt gelangen. Nach der Zusammensetzung und Herkunft der Eisenerze richtet sich aber im Hüttenwesen die Menge und Art der Zuschläge, welche für das Ausschmelzen des metallischen Eisens erforderlich sind. Es ist leicht einzusehen, daß die Zusammensetzung der Schlacke, die im wesentlichen aus den Zuschlagstoffen und den nichtmetallischen Stoffen der Erze entsteht, stark wechselt. Zur Herstellung eines gleichmäßigen Schlackenzementes ist es aber notwendig, daß die Schlacke in ihrer chemischen Zusammensetzung, insbesondere in bezug auf ihren Kalkgehalt, möglichst gleichmäßig ist. Es ist aber unvereinbar mit dem wirtschaftlichen Betrieb eines Hochofens, die Zuschläge immer so einzurichten, daß unter allen Umständen eine zur Zementherstellung brauchbare Schlacke bei günstiger Ausnutzung der Erze entsteht. Aber auch von dieser Schwierigkeit abgesehen, enthält jede Hochofenschlacke mehr oder weniger große Mengen Schwefel in Gestalt von Sulfiden, welche von schädlicher Einwirkung sind.

In den 80 er Jahren des vorigen Jahrhunderts hatte die Schlacken-

zementherstellung einen großen Umfang angenommen, und es kam zu einem heftigen Wettbewerbskampf zwischen dem Portlandzement und dem Schlackenzement. Heute ist dieser Kampf zugunsten des Portlandzementes entschieden, weil es sehr viel leichter ist, einen gleichartigen Portlandzement von stets gleichbleibender Güte herzustellen, als einen Schlackenzement mit gleichen Erfordernissen. Trotzdem wird von Zeit zu Zeit immer wieder der Versuch gemacht, die Herstellung der Schlackenzemente derart zu verbessern, daß ein gleichmäßiges Erzeugnis hergestellt werden kann. Diese Versuche sind aber bisher nicht mit Erfolg gekrönt worden, und es ist auch aus den oben angeführten Gründen kaum anzunehmen, daß hierin jemals Wandel geschaffen werden wird, so erfreulich es auch an sich wäre, die bisher wertlose Hochofenschlacke für Industriezwecke nach dieser Richtung hin verwerten zu können.

*Hansazement.* Seit einigen Jahren kommt unter dem Namen Hansazement ein Zement in den Handel, welcher angeblich die Schwierigkeiten, welche die Herstellung von Schlackenzementen bisher darbot, überwunden hat. Der Hansazement wird ebenfalls aus granulierter Hochofenschlacke hergestellt. Die Granulation erfolgt hier jedoch nicht durch Einlassen der feuerflüssigen Schlacke in kaltes Wasser, sondern die feuerflüssige Schlacke wird hierbei nach einem von Dr. Passow in Hamburg erfundenen Verfahren durch Luft abgekühlt. Der auf diese Weise erhaltene Schlackensand wird dann ebenfalls einer Erhitzung unterzogen und in staubfeinem Zustand mit etwa 10 v. H. gepulvertem Aetzkalk gemischt. Die Erfahrungen mit dem Hansazement sind, weil er erst seit ungefähr drei bis vier Jahren in den Handel kommt, noch nicht endgültig feststehend. Seinem ganzen Verhalten und seinem Ursprung nach kann der Hansazement keineswegs dem Portlandzement ebenbürtig an die Seite gestellt werden, er ist nichts weiter, als ein aus luftgranulierter Hochofenschlacke hergestellter Schlackenzement.

*Eisenportlandzement.* Unter die Mischzemente ist auch der Eisenportlandzement zu rechnen, über dessen Herstellung und Anwendung das Nötige schon auf S. 9 gesagt worden ist.

## Kalk.

Kalk, oder genauer gesagt, Kalziumoxyd (CaO) kommt in der Natur niemals in gebrauchsfertigem Zustand vor, sondern stets in Verbindung mit Kohlensäure, die durch Glühen des kohlensauren Kalkes verflüchtigt werden muß. Für die Technik kommen folgende Vorkommen in Frage: 1. Kalkstein, 2. Kreide, 3. Wiesenkalk.

Weißkalk. Die Zusammensetzung des Rohsteines ist für die Eigenschaften, welche das erbrannte Erzeugnis besitzt, in erster Linie maßgebend. Steine mit hohem Gehalt an kohlensaurem Kalk ergeben Weiß- oder Fettkalk, tonhaltige Steine Magerkalk und hydraulischen Kalk.

Unter Kalk im engeren Sinne versteht man gebrannten kohlensauren Kalk mit einem Mindestgehalt von 85 v. H. Kalkgehalt. Kalksteine bis zu diesem Kalkgehalt ergeben nach dem Brennen Weiß- oder Fettkalk. Kohlensaurer Kalk mit einem geringeren Kalkgehalt ergibt nach dem Brennen hydraulischen Kalk. Die vorhandene kohlensaure Magnesia wird als kohlensaurer Kalk betrachtet, doch zeigen die aus Kalksteinen, welche kohlensaure Magnesia enthalten, erbrannten Kalke geringere Ausgibigkeit (Gedeihen).

Die Gewinnung des Kalksteines und das Brennen desselben richtet sich nach dem Gefüge und der Art der Ablagerung des Kalksteins im Bruch. Es gibt Kalksteinbrüche, in denen der Stein nur durch Sprengen mit Pulver oder anderen Sprengstoffen gewonnen werden kann. Oft aber kann man die Kalksteine mit der Spitzhacke unter Zuhilfenahme von eisernen Keilen ohne Anwendung von Sprengstoffen bequem von der anstehenden Wand lösen. Man strebt beim Abbau immer dahin, Stücke von 4—30 kg Schwere zu erhalten, weil diese von den Arbeitern leicht gehoben werden können. Kleinere Stücke wandern auf die Halde, weil das Brennen derselben gewisse Schwierigkeiten verursacht. Größere Stücke werden mit Hämmern zerschlagen.

Der gebrochene Kalkstein gelangt entweder unmittelbar zum Ofen, oder wird, falls er zuviel Grubenfeuchtigkeit enthält, einige Zeit an der Luft gelagert.

Man brennt den Kalk in Brennöfen verschiedener Art. Entweder sind diese Brennöfen einfache Feldöfen (Meiler), Schachtöfen oder Ringöfen. Beim Schachtofen hat man wiederum zu unterscheiden, ob das Brennen zeitweilig oder fortwährend erfolgt. Bei zeitweiligem Brennen wird der Ofenraum mit den Kalksteinen gefüllt, abgebrannt und dann völlig entleert. Beim fortwährenden Brennen sind Vorkehrungen getroffen, daß ein Teil des gebrannten Kalkes in regelmäßigen Pausen am Fußende des Ofens abgezogen wird, während gleichzeitig neue Rohstoffe von oben aufgegeben werden, ohne daß das Feuer außer Betrieb kommt.

Das Brennen in Meilern und zeitweilig betriebenen Schachtöfen wird nur noch wenig geübt, weil der Brennstoffverbrauch zu groß ist. Der vollkommenste Brennofen der Gegenwart ist der Ringofen, er erlaubt es, große Ausbeute mit geringem Brennstoffaufwand zu erzielen.

Beim Brennen des Kalkes, gleichgültig in welchem Ofen es erfolgt, müssen bestimmte Regeln beobachtet werden. Der Kalk darf nur solange erhitzt werden, bis alle Kohlensäure ausgetrieben ist. Die Höhe der Brenntemperatur ist nicht nur von der Art des Kalksteines abhängig, sondern auch von der Zeit, in welcher der Kalkstein der Wirkung des Feuers ausgesetzt wird. Erhitzt man den Kalkstein nicht genügend hoch, oder nicht anhaltend genug, so werden die größeren Stücke nicht vollständig durchbrennen. Die äußere Schale des Steins ist dann zwar meistens in Aetzkalk umgewandelt, der Kern enthält aber noch kohlen-

sauren Kalk in seiner ursprünglichen Gestalt. Solcher mangelhaft gebrannte Kalk wird beim späteren Ablöschen immer mehr oder weniger große Steine (Krebse) zurücklassen, die natürlich für den Verbraucher wertlos sind. Andererseits darf man aber auch den Kalkstein nicht höher erhitzen, als es notwendig ist, weil sonst der Kalk nur schwer oder überhaupt nicht mehr mit Wasser ablöscht.

Es ist natürlich von großer Wichtigkeit, den Gehalt an kohlensaurem Kalk im Rohgestein zu bestimmen. Man benutzt zu diesem Zweck am einfachsten den auf Seite 32 abgebildeten Baur'schen Kohlensäurebestimmungsapparat.

Wasserkalk. Alle Kalkarten, welche nach dem Brennen in unzerkleinertem Zustande mit Wasser ablöschen, und sowohl an der Luft als auch unter Wasser an Festigkeit zunehmen, nennt man Wasserkalke. Man nennt sie auch Magerkalke und zwar deshalb, weil der aus ihnen hergestellte Sandmörtel weniger geschmeidig und fett ist als der unter gleichen Umständen und Verhältnissen aus Luft- (Fett-)kalk hergestellte. Alle Wasserkalke erhärten zwar langsam unter Wasser, werden aber dann nach einiger Zeit außerordentlich fest. Kalksteine, welche guten Wasserkalk ergeben, finden sich an vielen Orten, insbesondere ist der Kalk von Theil in Frankreich wegen seiner hervorragenden hydraulischen Eigenschaften berühmt. In Deutschland finden wir in Sachsen, Rheinland und Westfalen ausgedehnte Lager solchen zur Herstellung von Wasserkalk geeigneten Kalksteins.

Beim Ablöschen des Wasserkalkes muß der Wasserzusatz besonders vorsichtig bemessen werden. Bei zu großem Wasserzusatz wird der Kalk leicht ersäuft. Gewöhnlich findet beim Ablöschen im Gegensatz zum Weißkalk nur geringere Wärmeentwickelung statt. Um ein schnelleres Ablöschen zu bewirken, werden Wasserkalke öfters nach dem Brennen gemahlen und als Pulver in den Handel gebracht. Die Raumvermehrung beim Löschen ist beim Wasserkalk viel geringfügiger als bei Fett- oder Weißkalk.

Dolomit. Eine besondere Klasse nimmt als Mörtelbildner der Dolomit ein. Dolomit ist, chemisch genommen, eine Doppelverbindung von kohlensaurem Kalk mit kohlensaurer Magnesia. Reiner Dolomit enthält 54,3 v. H. kohlensauren Kalk und 45,7 v. H. kohlensaure Magnesia. Jedoch ist in den meisten Fällen der Dolomit mit kohlensaurem Kalk gemengt, sodaß kohlensaurer Kalk meistens in der größeren Menge vorhanden ist. In der Regel ist dolomitisches Gestein härter als Kalkstein.

Dolomit kommt in ausgedehnten Gebirgsstöcken in Sachsen, Westfalen, Schlesien und Rheinland vor.

Der Dolomit zeigt die Eigentümlichkeit, daß das fertige Erzeugnis durch die Art des Brennens stark in seinen Eigenschaften beeinflußt wird.

Wenn man Dolomit nur bei schwachem, aber schnell vorschreitendem Feuer brennt, gibt er einen langsam bindenden hydraulischen Mörtelbildner. Wird beim Brennen die Temperatur zu hoch, so zeigt das erbrannte Erzeugnis häufig treibende Eigenschaften, und es ist deswegen genau darauf zu achten, daß das Rohgestein bei der richtigen, ihm zukommenden Temperatur und in der erforderlichen Brennweise gebrannt wird. Es gibt jedoch auch Dolomite, welche sich zur Herstellung von Luftkalk eignen und einen guten Fettkalk liefern.

Zum Brennen des Kalkes, gleichgiltig, ob es sich um die Herstellung von Fettkalk, Magerkalk oder hydraulischem Kalk handelt, dient meistens der Ringofen, da bei dem ununterbrochenen Betriebe desselben und dem geringen Brennstoffverbrauch sich die Herstellungskosten gegenüber anderen Ofenarten bedeutend niedriger stellen.

Der Kalkringofen gleicht im großen und ganzen in seinem Aufbau

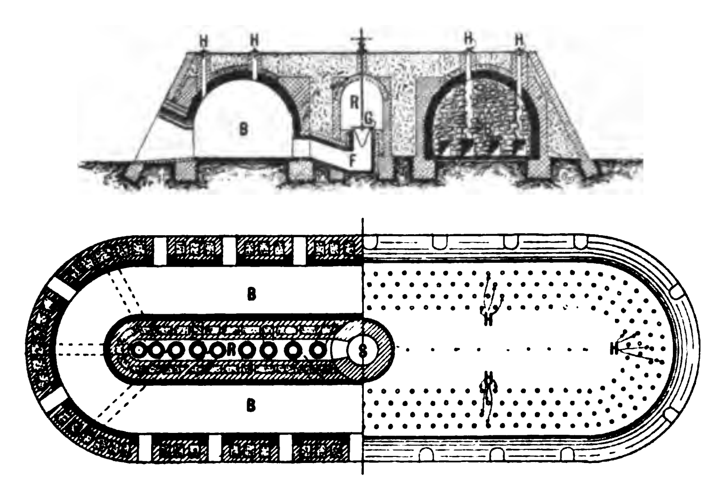



Bild 27. Querschnitt und Grundriß eines Kalkringofens.

dem beim Ziegelbrennen benutzten Ringofen. Jedoch weicht er in gewissen Punkten in seinem Bau vom Ziegelringofen ab, namentlich in bezug auf die fast durchgängig größeren Abmessungen der Kanäle zum Abführen der Heizgase. Außerdem ist die Ausfütterung des Brennkanals mit feuerfesten Ziegeln bei einem Kalkringofen erforderlich, was beim Ziegelringofen sich nicht immer als notwendig erweist. Es gibt eine ganze Reihe von Ausführungsarten, deren nähere Beschreibung hier zu weit führen würde. Es soll deswegen an dieser Stelle eine der gebräuchlichsten Ausführungen beschrieben werden, welche vielfach zum Brennen von Kalk benutzt wird. Der in unserem Bilde 27 im Grundriß und im Querschnitt dargestellte Kalkringofen besteht im wesentlichen aus dem in sich selbst zurückkehrenden überwölbten Brennkanal B, der mit feuerfesten Ziegeln ausgekleidet ist. Der Brennkanal wird räumlich in einzelne Abteile zerlegt, die man fälschlich auch Kammern

nennt. Je nach Größe des Ringofens spricht man von einem Ringofen mit 12, 14, 16 oder 18 Abteilen. Aeußerlich ist die Anzahl der Abteile an dem zum Ein- und Ausbringen des Brenngutes benutzten Oeffnungen (Türen) erkennbar. Der in unserem Bilde 27 dargestellte Ringofen hat 18 Abteile. Die Befeuerung des Ringofens erfolgt durch zahlreiche Heizlöcher H, welche von oben in den Brennraum senkrecht hinabführen. Die zu brennenden Kalksteine werden in dem Brennkanal so eingesetzt, daß unterhalb der Heizlöcher Schächte von 20—30 cm Breite bleiben, welche von den Heizlöchern aus mit Brennstoff gefüllt werden. Das untere Drittel der Heizschächte ist in der Längsrichtung durch Sohlkanäle verbunden, die auf unserem Bilde 27 in der rechten Hälfte der Querschnittszeichnung, welche ein vollbesetztes Abteil darstellt, deutlich sichtbar sind.

Das Feuer schreitet von Heizlochreihe zu Heizlochreihe fort. In dem gleichen Maße, wie es im Brennkanal fortschreitet, werden hinter dem Feuer das gebrannte und abgekühlte Brenngut aus dem Ofen entfernt und neue Kalksteine an der gegenüberliegenden Seite eingesetzt.

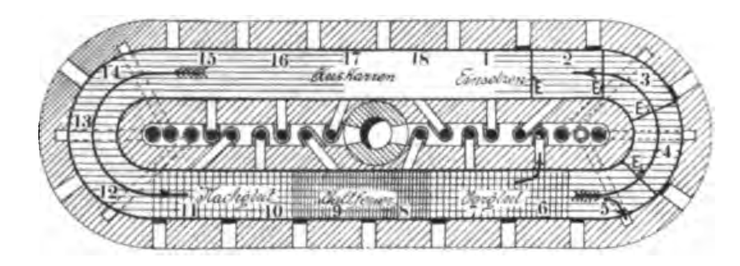


Bild 28. Brennvorgang im Kalkringofen

Die aus den mit Brennstoff beschütteten Abteilen entweichenden Heiz- und Kohlensäuregase wärmen die in dem vor dem Feuer liegenden Abteil befindlichen Kalksteine an, bevor sie durch den Fuchs in den Schornstein entweichen. Die zur Unterhaltung des Feuers erforderliche Luft streicht durch die abgebrannten Abteile und tritt hocherwärmt zum Feuer, wodurch eine fast vollständige Ausnutzung des Heizwertes und eine lebhafte Verbrennung der Kohle erzielt wird. Um das Fortschreiten des Feuers zu bewirken, ist in jedem Abteil ein Rauchabführungskanal, der sogenannte Fuchs (F) vorgesehen. Die Füchse, welche durch Ventile G verschließbar sind, münden in den Rauchsammelkanal R, der in den Schornstein S führt. Die Ventile G ermöglichen es, je nach Bedarf jedes einzelne Abteil mit dem Rauchkanal und somit mit dem Schornstein in Verbindung zu setzen oder es davon abzuschließen. Sie werden von der Decke des Ofens aus durch geeignete, auf unserem Bilde 27 angedeutete Hebevorrichtungen bewegt. Eine deutliche Vorstellung, wie das Fortschreiten des Feuers in einem Ringofen erfolgt, bringt unser nächstes Bild 28 zur Darstellung.

Die einzelnen Abteile des Brennkanals sind mit Zahlen bezeichnet.

Das Feuer läuft in der Richtung der eingezeichneten großen Pfeile. Es wird angenommen, daß die Abteile 2—16 gefüllt sind, Abteil 1 wird vollgesetzt und Abteil 17 ausgekarrt. Das leere Abteil 18 dient gewissermaßen als Puffer, für den Fall, daß das Ein- und Auskarren nicht mit der gewohnten Schnelligkeit erfolgt. Die Kalksteine in den Abteilen 2—5 werden durch die in dem Ofenmauerwerk aufgespeicherte Wärme angewärmt. Der Einsatz der Abteile 6 und 7 erfährt eine Vorwärmung durch die aus dem Vollfeuer abziehenden Rauchgase. Die Abteile 8 und 9 stehen im Vollfeuer. Die Abteile 10—17 sind fertig gebrannt und kühlen durch die sie durchstreichende Verbrennungsluft ab. Aus Abteil 17 wird der fertige Aetzkalk ausgekarrt.

Ist man beim Einsetzen der Kalksteine bis an das Ende eines Abteils angelangt, so wird ein gerader Abschluß gesetzt, und vor diesen quer durch den Brennkanal Packpapier gespannt, welches im nachstehenden Bilde das vollgesetzte Abteil 1 völlig abschließt, sodaß von den entleerten Abteilungen 17 und 18 aus keine Luft in Abteil 1 eintreten kann. Wenn die Arbeit beendet ist, wird die Einkarrtür zu Abteil 18 vermauert und mit dem

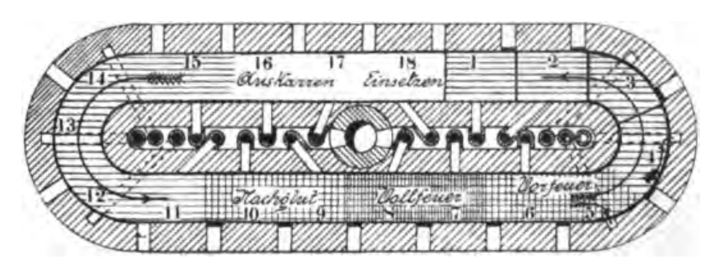



Bild 29. Fortschreiten des Feuers im Kalkringofen.

Einsetzen in der geschilderten Weise fortgefahren. Selbstverständlich wird dabei mit dem Auskarren des gebrannten Kalkes nach der rückwärtigen Seite zu fortgefahren und das Feuer entsprechend vorgerückt, wie es das nächstfolgende Bild 29 ergibt. Hierbei sind die Abteile 1—15 gefüllt. Abteil 18 wird neu mit Kalksteinen besetzt, Abteil 16 entleert, wobei Abteil 17 als Puffer dient. Die Abteile 9 und 10 stehen in Abkühlung begriffen, während die Abteile 1—4 durch die im Ofenmauerwerk enthaltene Wärme angewärmt werden. Die Abteile 5 und 6 stehen in Vorglut und Abteil 7 und 8 in Vollglut. Die zum Brennen erforderliche Luft tritt jetzt durch die Einkarröffnungen der Abteile 17—12 zu dem noch teilweise glühenden Brenngut in Abteil 10 und 9. Außerdem werden einige Reihen Heizlöcher dieser Abteile geöffnet. Die einströmende Luft erhitzt sich an dem in Nachglut stehenden Brenngut der Abteile 10 und 9 und dient zur Speisung der im Vollfeuer stehenden Abteile 8 und 7. Von hier aus entweichen die Heizgase aber nicht unmittelbar in die Füchse, sondern sie gehen zuerst in die Abteile 6 und 5, um die dort eingesetzten Kalksteine vorzuwärmen.

Ein geschickter Brenner hat es vollständig in der Hand, schnell oder langsam das Feuer fortschreiten zu lassen. Nicht nur aus Gründen der

Wirtschaftlichkeit ist es indessen vorteilhaft, das Feuer so schnell als möglich fortschreiten zu lassen, denn wie wir bereits wissen, hängt auch die Güte des erbrannten Kalkes sehr wesentlich davon ab, daß die Kohlensäure möglichst schnell ausgetrieben wird.

Der eben geschilderte Kalkringofen liefert bei einem Brennkanalquerschnitt von 3,80 × 2,90 m und 81 m Brennkanallänge etwa 50000 kg Aetzkalk in 24 Stunden, wobei Kalkstein mittlerer Dichtigkeit angenommen ist; bei weniger dichtem Kalkstein wird sich die Ausbeute noch erhöhen, da hier die Kohlensäure schneller ausgetrieben werden kann.

## Gips.

Gips wird durch Brennen von Gipssteinen gewonnen. Es ist dies natürlich vorkommender, wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk, welcher sich wahrscheinlich aus Anhydrit, das ist wasserfreier schwefelsaurer Kalk, gebildet hat. Anhydrit ist für die Herstellung von Gips nicht zu verwenden, selbst geringe Mengen von Anhydrit, welche in Gipssteinen enthalten sind, beeinträchtigen die Güte des Gipses. Die Fabriken müssen daher ihre Aufmerksamkeit darauf lenken, daß zum Brennen des Gipses nur anhydritfreie Steine Verwendung finden.

Die Gewinnung des Gipssteines unterscheidet sich nicht wesentlich von der Gewinnung von Kalksteinen und kann deshalb an dieser Stelle übergangen werden. Bisher waren wir gewohnt, unter Brennen ein Erhitzen auf höhere Temperaturen zu verstehen. Dies trifft jedoch beim Gips nur teilweise zu.

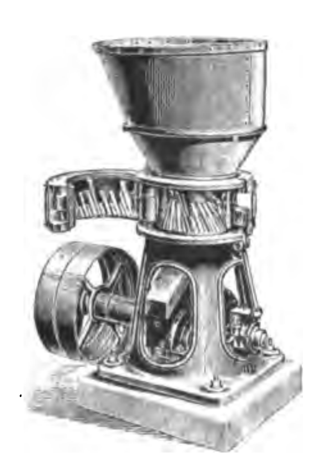


Bild 30. Glockenmühle.

Stuckgips. Das gewöhnlich im Handel als Gips bezeichnete Erzeugnis ist ein reinweißes Pulver, welches die Eigenschaft hat, mit Wasser angemacht, in kurzer Zeit abzubinden. Dieser Handelsgips wird dadurch gewonnen, daß den Gipssteinen durch Erhitzen auf etwa 170—180 Grad die Hälfte des in ihnen enthaltenen Wassers entzogen wird. Die gebräuchlichste Herstellungsart ist das Erhitzen des Gipses in großen eisernen Kesseln, welche mit Rührwerk ausgestattet sind.

Verfolgt man den Gips vom Steinbruch bis zur fertigen Handelsware, so sieht man, daß der Gipsstein zunächst auf Steinbrechern (Bild 4) bis auf Nußgröße zerkleinert wird. Bedingung hierbei ist jedoch, daß die Gipssteine ihre Grubenfeuchtigkeit verloren haben und lufttrocken sind. Ist der gebrochene Stein sehr naß, so ist es üblich, den Gips in Halden aufzusetzen, damit er durch Stehen an der Luft seine Grubenfeuchtigkeit verliert. Von dem Steinbrecher geht das Zerkleinerungsgut nach der Glockenmühle

(Bild 30) und von dieser auf Mahlgänge (Bild 15 auf S. 37). Diese liefern ein Steinmehl, welches so fein gemahlen ist, daß auf einem Sieb von 250 Maschen/qcm kein Rückstand verbleibt. Das Steinmehl gelangt zunächst in den Sammelraum, von welchem es unmittelbar in die Kocher fällt. Es sind dies zilinderische, oben offene, eiserne Kessel von etwa 1,50 m Durchmesser und 80 cm Höhe, in welchem ein kräftiges Rührwerk sich bewegt. Die Erhitzung erfolgt durch eine Rostfeuerung, welche unmittelbar unter dem Kessel angeordnet ist. Die Flamme berührt zunächst den Kesselboden und wird dann um die Seitenwandungen geführt. Die Füllung des Kessels erfolgt möglichst schnell, wobei die Rührvorrichtung in Bewegung bleibt, um ein Durchglühen der Kesselwände zu vermeiden. Der Gips bleibt im Kessel, bis er eine Temperatur von 170—180 Grad angenommen hat. Hierbei entweicht die Hälfte des in ihm enthaltenen Wassers. Ist die erfahrungsgemäß für den betreffenden Gips als zweckmäßigste erkannte Temperatur erreicht, so wird der Kessel durch eine im Boden befindliche Oeffnung schleunigst in Kühlabschläge entleert und aufs neue gefüllt. Die Kochzeit währt 1—2 Stunden. Das so erhaltene Erzeugnis stellt den Handelsgips dar. Einige Fabriken mahlen den gebrannten Gips nach dem Erkalten noch einmal und wollen damit gute Ergebnisse erzielt haben.

Bei Verarbeitung des Gipses ist von der bisherigen Gepflogenheit, das Wasser zu den Mörtelstoffen zu geben, abzusehen und der umgekehrte Weg einzuschlagen. Es muß der Gips stets in das Wasser gestreut werden. Denjenigen Lesern, welche sich schnell näher über den Gips belehren wollen, sei das kleine Gipsbuch empfohlen, herausgegeben vom Chemischen Laboratorium für Tonindustrie, Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer, Tonindustrie-Zeitung, Berlin NW. 21, Dreysestr. 4, welches zu dem Preise von 50 Pf. zu beziehen ist. Demselben seien folgende für die Verwendung des Gipses zu beobachtenden Vorschriften entnommen:

Das sachgemäße Anmachen des Gipses mit Wasser erfolgt in der Weise, daß das Gipspulver lose und gleichmäßig auf die Wasserfläche aufgestreut wird, wobei es untersinkt. Man fährt mit dem Aufstreuen so lange fort, bis kleine Gipshäufchen an verschiedenen Stellen über die Oberfläche des Wassers hinausragen. Hierauf wird erst durchgerührt, wobei die Masse ungefähr die Beschaffenheit von dickflüssiger Sahne (Rahm) erhält. Das Mischungsverhältnis zwischen Wasser und Gips ist hierbei nicht immer das gleiche, dasselbe schwankt bei verschiedenen Gipssorten etwa zwischen 10 : 11 und 10 : 16. Im allgemeinen wird man von gut gebranntem Gips, der Güsse von guter Härte liefert, mehr auf die gleiche Wassermenge zu verwenden haben, als von geringerem Gips. Man benutzt dieses Verhalten auch als Maßstab für die Güte des Gipses. Ein Umrühren während des Einstreuens ist zu vermeiden, da sich hierdurch Klumpen, sogenannte Frösche, bilden. Derselbe Uebelstand zeigt sich, wenn man das Wasser in das Gipspulver einträgt, statt umgekehrt

das Gipspulver in das Wasser. Auch zu langes Umrühren ist für das Abbinden nachteilig und verringert die Härte des erzielten Gusses. Gips, der sich auch bei sachgemäßer Behandlung klumpig anmacht, zu schnell dick wird und abbindet, ist nicht genügend durchgebrannt. Derselbe verliert allmählich an Festigkeit und hält sich sehr lange feucht. Gips, der zu scharf gebrannt ist, erhärtet sehr langsam, bekommt aber schließlich eine genügende Härte, wenn er nicht geradezu totgebrannt ist. Totgebrannter Gips, d. h. solcher, der wesentlich über die Brenntemperatur des Stuckgipses erhitzt ist, erhärtet überhaupt nicht, sondern bleibt weich und schmierig, bis durch Verdampfen des Wassers eine trockene, lose Masse entsteht. Solcher Gips ist technisch überhaupt nicht verwendbar.

Da der Gips schnell abbindet, so kommt er als Betonstoff wenig in Frage. Dagegen ist der Gips für Kunststeinfabriken von großer Wichtigkeit, da er vorzüglich dazu geeignet ist, Formen für die Herstellung der Kunststeine zu liefern. Auch zur Herstellung von Zwischenwänden, Zwischendecken u. s. w. ist der Gips ein sehr geschätzter Baustoff. Es sei dieserhalb auf das kleine Gipsbuch hingewiesen, herausgegeben von der Schriftleitung der „Tonindustrie-Zeitung", Preis 1 M. Auf die weitere Verarbeitung des Gipses zu Gipswaren wird später noch zurückgekommen werden.

Estrichgips. Ganz verschiedene Eigenschaften von dem im Handel kurzweg als Gips bezeichneten Erzeugnis zeigt der Estrichgips. Das Streben des deutschen Gipsvereins geht dahin, zur Vermeidung von Verwechslungen den Gips, von dem bisher gesprochen wurde und der schnell abbindet, als Stuckgips zu bezeichnen im Gegensatz zum Estrichgips. Estrichgips wird aus dem gleichen wasserhaltigen Gipsstein hergestellt, jedoch mit der Maßnahme, daß sämtliches im Stein vorhandene Wasser durch Brennen ausgetrieben wird. Hierzu ist erfahrungsgemäß eine Temperatur von 900 — 1000 Grad erforderlich. Das Erhitzen erfolgt in Stücken in der gleichen Weise, wie beim Brennen von Kalksteinen. Es kann deshalb an dieser Stelle davon abgesehen werden, den Ofenbetrieb eingehender zu schildern. Nur ist beim Brennen darauf zu achten, daß möglichst eine Flamme erzielt wird, welche frei von Rauch und reduzierenden Gasen ist, weil hierdurch der Gips unangenehme Eigenschaften erhält.

Enthält der Gipsstein nennenswerte Mengen von kohlensaurem Kalk, so ist darauf zn achten, daß die Brenntemperatur nicht soweit gesteigert wird, daß der kohlensaure Kalk in Aetzkalk umgewandelt wird. Der gebrannte Gipsstein wird in ähnlicher Weise wie beim Romanzement zerkleinert und kommt in Säcken von 75 kg Gewicht in den Handel. Estrichgips zeigt ein langsames Abbinden, wobei allmählich eine Rückbildung von wasserhaltigem schwefelsaurem Kalk stattfindet. Da der abgebundene Estrichgips große Härte erlangt, so tritt er mit hydraulischem Kalk und

Zement in Wettbewerb, insbesondere bei der Herstellung von Fußböden. Ueber die Verarbeitung des Estrichgipses ist nach dem kleinen Gipsbuch nachstehendes zu sagen.

Beim Anmachen wird der Estrichgips mit der Schaufel so langsam in das Wasser eingetragen, daß sich keine zusammenhängenden Ballen bilden, was durch beständiges Schütteln der Schaufel, wodurch mehr ein Einstreuen erfolgt, vermieden wird. Mit dem Einbringen von Gips wird fortgefahren, bis der Gips das Wasser überragt. Nachdem der Gips sich mit Wasser vollgesogen hat, wird die Masse mit der Hacke bearbeitet und gut gemischt, wobei sie etwa die Beschaffenheit des gewöhnlichen Kalkmörtels erreicht. Hierbei darf ein guter Estrichgips keine Neigung zur Bildung von Klumpen zeigen, sondern muß sich leicht zu einem gleichmäßigen Brei anrühren lassen. Das Mengenverhältnis zwischen Wasser und Gips ist bei verschiedenen Gipsen nicht ganz gleich; im Durchschnitt wird man in 1 Maßteil Wasser 3 Maßteile Gips eintragen können und hieraus etwa $2^1/_2$ Maßteile Mörtelmasse erhalten.

Auf die einzelne Verwendungsweise des Estrichgipses wird in einem späteren Abschnitt eingegangen werden.

## Magnesit.

Magnesit steht dem Kalk sehr nahe. Er kommt in der Natur hauptsächlich als kohlensaurer Magnesit, als gebirgige Massen, vor. Jedoch ist das Vorkommen des Magnesites weniger häufig als des Kalksteines.

Gebrannter Magnesit. Der im Baugewerbe verwendete gebrannte Magnesit wird durch mäßig starkes Brennen von kohlensaurem Magnesit gewonnen. Schon beim Kalk ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß durch Ueberbrennen des Kalkes die Güte Einbuße erleidet, im höheren Maße trifft dies beim Magnesit zu, denn der Magnesit kann sehr leicht überbrannt werden. Ueberbrannter Magnesit ist für das Baugewerbe unverwendbar. Die Herstellung des Magnesites gleicht der des Kalkes. Es werden die gebrochenen Steine wie beim Kalk in Schachtöfen erhitzt, und die gebrannten Steine später mehlfein gemahlen. Der Umstand, daß der Magnesit nur eine geringe Brenntemperatur verlangt, hat dazu geführt, den Magnesit zur Gewinnung von Kohlensäure zu benutzen. In diesem Falle erfolgt das Erhitzen des Magnesites in Retorten, ähnlich wie solche bei der Leuchtgasherstellung üblich sind. Die Retorten sind wagerecht gelagerte Röhren aus Schamotte oder Gußeisen, deren Erhitzung durch Umspielen des Feuers erfolgt. Die in den Retorten entweichende Kohlensäure wird, wie es bei der Gasherstellung üblich ist, aufgefangen und entsprechend weiter verarbeitet. Ist alle Kohlensäure aus dem Magnesit ausgetrieben, so wird die Retorte geöffnet, und ähnlich wie bei den Gasfabriken der Koks, das gebrannte Gut aus der Retorte herausgezogen. Der Retorten-Magnesit besitzt vor dem in Schachtöfen gebrannten den

Vorzug, weil er weniger ungleichmäßig ist. Der Magnesit erhärtet wie Kalk durch Aufnahme von Kohlensäure. In der Technik wird von dieser Erhärtungsweise wenig Gebrauch gemacht, weil sie zu langsam erfolgt. Dagegen macht man von seiner Eigenschaft, mit Chlormagnesium-Lösung schnell steinartig zu erhärten, den ausgiebigsten Gebrauch. Außer diesem Magnesit gibt es noch sintergebrannten, der als feuerfeste Ausfütterung von industriellen Oefen dient, der aber im Baugewerbe keine Verwendung finden kann.

### Chlormagnesium.

Chlormagnesium ist eine Verbindung von Chlor und Magnesium. Sie wird auch häufig Magnesiumchlorid genannt. Das Magnesiumchlorid wird in Salzbergwerken als gleichzeitiger Begleiter des Kochsalzes bergmännisch gewonnen und kommt als kristallinische, geschmolzene Masse in Fässern in den Handel. Um das Chlormagnesium in den verwendungsfähigen Zustand überzuführen, wird es in Wasser gelöst. Obgleich das Chlormagnesium, an der Luft gelagert, durch Anziehung von Feuchtigkeit zerfließt, erfolgt seine Lösung im Wasser nur sehr langsam und sind oft mehrere Tage erforderlich, bis es vollständig zergangen ist. Vermischt man eine Chlormagnesiumlösung mit gebranntem Magnesit zu einer brei- oder teigförmigen Masse, so tritt in kurzer Zeit ein Erstarren ein, wie wir solches bei Gips kennen. Das erstarrte Gemisch ist völlig dicht und besitzt an den Stellen einen hohen metallischen Glanz, die mit einer polierten Fläche in Berührung gekommen sind. Das Gemisch von Chlormagnesium und Magnesit ist in der Technik unter der Bezeichnung „Sorel-Zement" bekannt. Er dient im wesentlichen nur zur Herstellung von Kunststeinen, wie künstlichem Marmor und Steinholz. Bei der Herstellung von Zementdachsteinen wird das Gemisch benutzt, um auf solchen einen dichten, glänzenden Ueberzug zu erzeugen. Das Gemisch von gegebranntem Magnesit und Chlormagnesium ist jedoch ein sehr unzuverlässiger Mörtelstoff, wie bereits auf Seite 16 näher ausgeführt wurde. Auf die Verarbeitung wird in einem späteren Abschnitt zurückgekommen werden.

---

## Hydraulische Zuschläge.

Um Kalken, welche unter Wasser nicht erhärten, diese Fähigkeit zu verleihen, versetzt man den Mörtel mit hydraulischen Zuschlägen. Diese besitzen an und für sich keine nennenswerte Erhärtungsfähigkeit, sie wird aber durch einen Zusatz von Kalk geweckt. Unter hydraulischen Zuschlägen sind daher alle solche Stoffe zu verstehen, welche, im gepulverten Zustande dem Mörtel beigemischt, diesem die Fähigkeit verleihen, unter Wasser zu erhärten. Einige dieser Stoffe kommen in der Natur vor, z. B. Puzzolan, Traß u. s. w., manche, z. B. Schlackenmehl, Si-Stoff werden

auf künstlichem Wege hergestellt. Bei allen diesen Stoffen ist die in ihnen enthaltene verbindungsfähige Kieselsäure die Ursache, daß diese Stoffe hydraulische Eigenschaften in Verbindung mit den einzelnen Mörtelbildnern hervorrufen.

## Traß.

Als wichtigster hydraulischer Zuschlag ist der Traß zu betrachten, welcher seiner Entstehung nach mit. den Puzzolanen eng verwandt ist. Die Eigenschaft des Trasses, dem Kalk hydraulische Eigenschaften zu verleihen, wenn er dem gelöschten Kalk als Pulver zugesetzt wird, war anscheinend schon den alten Römern bekannt, was zwar nicht ganz feststeht, jedoch höchst wahrscheinlich ist.

Der Traß wird in der Gegend von Andernach a. Rh. gefunden. Er ist ein Erzeugnis der in der Vorzeit am Rhein tätigen Vulkane. Seiner chemischen Zusammensetzung nach besteht er vorwiegend aus Kieselsäure und Tonerde, wobei die Kieselsäure den Tonerdegehalt etwa um die dreifache Menge überwiegt. Die Verwendung des Trasses als hydraulischer Zuschlag läßt sich bis in das Jahr 1682 verfolgen. In diesem Jahre soll ein Holländer Van Santen in Brohl am Rhein eine Mühle erbaut haben, auf welcher das Traßgestein zu Pulver gemahlen wurde. Von hier aus verbreitete sich der Gebrauch des Trasses zu diesem Zweck nach Frankreich, Deutschland, Schweden und anderen Ländern. Im Laufe der Jahrhunderte hat sich die Traßindustrie am Rhein bedeutend entwickelt. Der Name Traß soll von dem holländischen Worte Tyras herrühren, was so viel wie Kitt bedeutet.

Das Traßgestein ist von grauer bis graublauer oder von gelbbrauner Farbe, ziemlich porös und zeigt einen deutlichen Tongeruch. Bei der Gewinnung des Traßgesteins muß in den Brüchen darauf geachtet werden, daß minderwertige Stücke nicht zur Verarbeitung gelangen. Insbesondere sind die in den oberen Lagen des Bruches sich vorfindenden weniger dichten Steine von hellerer Farbe nicht zu Mörtelzwecken brauchbar. Man kann im Allgemeinen sagen, daß das Traßgestein sich umsobesser zur Herstellung von Traßmehl eignet, je dunkler die Farbe des Steines und je dichter sein Gefüge ist.

Die ausgesuchten, zur Verarbeitung geeigneten Steine werden, nachdem sie durch Stehen in Hürden ihre Bruchfeuchtigkeit verloren haben, auf geeigneten Mahlvorrichtungen zu feinem Mehl vermahlen und dann in den Handel gebracht.

In der Regel richtet sich die Höhe des Traßzusatzes zum Kalk nach der Ausgibigkeit des letzteren. Je fetter der Kalk ist, desto mehr Traßmehlzusatz verträgt er. Der Kalk wird dabei zuerst durch Löschen mit Wasser in Kalkhydrat verwandelt und dann das Traßmehl beigefügt und gut mit dem Kalkbrei vermischt. Für Bauten unter Wasser, welche dicht sein müssen, benutzt man gewöhnlich einen Mörtel aus 1 Raumteil

Traß, 1 Raumteil Kalkteig und 1 - $1^1/_4$ Teil Sand. Bei Luftbauten ist das Mischungsverhältnis 1 Teil Traß, 2 Teile Kalkteig und 3 – 5 Teile Sand völlig ausreichend.

Da der Traßzusatz zum Portlandzement bewirkt, daß die Einwirkung des Meerwassers auf den Portlandzementmörtel in günstigem Sinne beeinflußt wird, verwendet man in neuerer Zeit häufig bei Meeresbauten Traßzusatz. Die bisher damit erreichten Erfolge sind durchaus zufriedenstellend. Man verfährt dabei gewöhnlich so, daß man die Hälfte des Portlandzementes durch Traßmehl ersetzt, sodaß beispielsweise eine Mischung aus 1 Teil Portlandzement zu 4 Teilen Sand unbeschadet der Festigkeit durch einen Mörtel aus $^1/_2$ Teil Zement $^1/_2$ Teil Traß und 4 Teilen Sand ersetzt werden kann.

## Puzzolane.

Das vom Traß Gesagte gilt auch im allgemeinen für die sogenannten Puzzolane. Chemisch genommen sind sie fast ebenso zusammengesetzt wie der Traß, nur ist der Unterschied vorhanden, daß die Puzzolane selbständig erhärten. Es erübrigt sich daher weiteres darüber zu sagen, umsomehr, als bereits auf S. 52 das Wissenswerte über die Fundorte und die Eigenschaften der Puzzolane gelegentlich der Abhandlung über den Puzzolanzement mitgeteilt worden ist.

## Schlackensand.

Der Zusatz von gemahlenem Schlackensand verleiht dem Kalk gleichfalls hydraulische Eigenschaften, insbesonders ist der aus basischer Hochofenschlacke hergestellte Schlackensand in dieser Beziehung von Bedeutung. Wie schon auf S. 53 auseinandergesetzt wurde, wechselt die Schlacke und der daraus hergestellte Schlackensand sehr in der Zusammensetzung der einzelnen Bestandteile. Im allgemeinen ist der Zusatz von gemahlenem Schlackensand um so wirksamer, je höher der ursprüngliche Kalkgehalt der Schlacke ist. Bestimmte Regeln über die Größe des gemahlenen Schlackensandzusatzes lassen sich nicht geben, und es muß im Einzelfalle Sache des Versuches sein, die zweckentsprechende Menge zu ermitteln. Schlacke mit hohem Schwefelgehalt bewirkt leicht ein Treiben des Mörtels.

## Si-Stoff.

Bei der künstlichen Herstellung von schwefelsaurer Tonerde entfällt als Abfall ein stark hydraulischer kieselsäurehaltiger Stoff, welcher gewöhnlich noch geringe Mengen schwefelsaurer Tonerde und etwas Sand enthält. Dieses Erzeugnis, welches unter dem Namen Si-Stoff in den Handel gelangt, hat ebenfalls die Eigenschaft, vermöge der in ihm enthaltenen verbindungsfähigen Kieselsäure, dem Kalk hydraulische Eigenschaften zu verleihen. Man hat auch den Si-Stoff dazu benutzt, bei fehlerhaft hergestellten Portlandzementen durch Zusatz desselben die treibenden Eigenschaften des zu hohen Kalkgehaltes aufzuheben. Die Verwendung

von Si-Stoff zu Mörtelzwecken muß jedoch mit Vorsicht geschehen, weil bei zu starkem Zusatz leicht treibende Erscheinungen hervorgerufen werden können, da sich in diesem Fall die fast immer vorhandene Schwefelsäure mit dem freien Kalk zu schwefelsaurem Kalk, d. h. Gips, verbindet.

### Ziegelmehl.

Ein äußerst billiger und fast überall zu habender hydraulischer Zuschlag ist das Ziegelmehl, welches durch Mahlen der Bruchstücke von gut gebrannten Ziegeln auf leichte Weise hergestellt wird. Hierzu benutzt man am einfachsten die in Bild 16 auf S. 38 dargestellte Kugelmühle. Dieses Mittel, insbesondere den Kalkmörteln hydraulische Eigenschaften zu verleihen, war schon den alten Römern bekannt. Das Ziegelmehl hat den großen Vorzug vor den zuletzt genannten Mitteln, daß es in beliebigen Mengen dem Kalkbrei zugesetzt werden kann, ohne schädliche Nebenwirkungen hervorzurufen. Je feiner das Ziegelmehl gemahlen ist, desto größer ist seine Wirksamkeit. Jedenfalls ist es das einfachste Mittel, einen Kalk hydraulisch zu machen.

---

## Füllstoffe.

Füllstoffe, auch Zuschläge genannt, sind solche Stoffe, welche zwar nicht an der Erhärtung des Mörtels teilnehmen, sondern im wesentlichen dazu bestimmt sind, den Mörtel zu verbilligen, wobei zu beachten ist, daß die Festigkeit des Mörtels in hohem Maße von der Eigenfestigkeit der Füllstoffe abhängig ist. Im Gegensatz zu den Mörtelstoffen, welche sehr feinkörnig, zumeist sogar pulverförmig sind, werden die Füllstoffe in grobkörnigem oder stückigem Zustand verwendet. Ihrem Herkommen nach sind sie meistens mineralischen Ursprungs. Es finden jedoch auch bei der Herstellung verschiedener Erzeugnisse entstehende Abfallstoffe zu diesem Zweck Verwendung als Füllstoffe, wie Schlacke, Asche, Ziegelbrocken und ähnliches.

In erster Linie kommen die Füllstoffe Kies und Sand in Betracht, sowie der durch Zerschlagen größerer Steine hergestellte sogenannte Steinschlag. Als Haupterfordernis muß dabei gelten, daß alle Füllstoffe wetterbeständig sind und wenigstens die gleiche Festigkeit besitzen, als von dem fertigen Beton später nach Vollendung des Bauwerks gefordert wird. Aus diesem Grunde sind nur solche Stoffe zu Betonzwecken zu verwenden, die eine gewisse Eigenfestigkeit besitzen. Weiche und erdige Stoffe, z. B. weiche Kreide, tonige oder stark mit Hohlräumen durchsetzte Steine sind deswegen für die Betonbereitung nicht brauchbar. Am besten eignen sich dazu unter den gröberen Füllstoffen dichte Gesteinsarten, wie Granit, Porphyr, Basalt, Quarzkiesel, Gabbro und ähnliche; unter den Sanden sind die Quarzsande in erster Linie zu schätzen.

Die Größe der Füllstoffe richtet sich nach den Ansprüchen, die an das fertige Bauwerk gestellt werden. Für Mauermassen großer Abmessungen können Steine bis zur Größe von 7 cm in allen Richtungen ohne Bedenken Verwendung finden, für schwache Wände und Einzelteile, wie Tröge, Viehkrippen, Röhren, Schmuckteile aller Art dürfen die Stücke in keiner Ausdehnung größer als ein Drittel der Wandstärke sein. Auf der richtigen Wahl der Größenverhältnisse der Füllstoffe und der zweckmäßigen Mischung der einzelnen Stückgröße beruht der Erfolg des Betonbaues viel mehr, als im allgemeinen angenommen wird. So wichtig auch an sich die Wahl des Bindemittels ist, so ist es viel leichter, hier das Richtige zu treffen, als bei der Auswahl der Füllstoffe. Mißgriffe nach dieser Richtung hin ziehen nicht nur schwerwiegende Nachteile nach sich, sondern können sogar den dauernden Bestand des ganzen Bauwerkes in Frage stellen.

Aber nicht nur die Art des Füllstoffes ist von Wichtigkeit, sondern auch die Form der Einzelstücke ist auf die Festigkeit von großem Einfluß. Rundliche Stücke lassen beim Aneinanderlegen fast stets größere Zwischenräume frei, als kantige splitterige, und zur Ausfüllung dieser größeren Zwischenräume ist nicht nur mehr verkittender Bindestoff nötig, als bei engeren Zwischenräumen, sondern es werden auch beim Stampfen der Betonmasse die einzelnen Stücke im ersten Fall sich nicht so fest aneinander lagern als im zweiten Fall, wo die Ecken und Kanten durch die Stampfschläge sich gegenseitig keilartig verfestigen, indem sie bestrebt sind, ein günstiges Auflager zu finden. Bild 31 gibt davon eine deutliche Vorstellung. Außerdem muß man in Betracht ziehen, daß bei kugeliger Gestalt der Einzelstücke der Oberflächeninhalt im Verhältnis zur Raumgröße geringer ist als bei würfelförmiger. Ein Beispiel möge dies klar machen. Ein Würfel von 1 cm Kantenlänge hat 6 qcm Umfangsfläche, eine Kugel von 1 cm Durchmesser nur 4,19 qcm. Es steht also im ersten Falle eine weit größere Verkittungsfläche bei kleineren Zwischenräumen zur Verfügung als im letzten Falle, was für die Wirtschaftlichkeit der Bauausführung von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist, wenn man bedenkt, daß die Wirksamkeit des Verkittungsmittels nicht von der Dicke der Verkittungsschicht, sondern hauptsächlich von der Größe der mit dem Verkittungsmittel in Berührung kommenden Fläche abhängt.

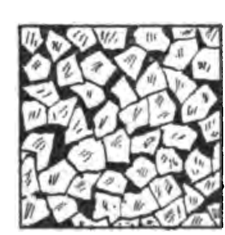



Bild 31.

Leider wird nur selten den soeben besprochenen Eigenschaften der Füllstoffe die ihnen gebührende Aufmerksamkeit gewidmet, wenn auch nicht zu leugnen ist, daß die Erkenntnis sich auch auf diesem Felde mehr und mehr Bahn bricht. Wir werden später bei der näheren Besprechung

der einzelnen Füllstoffe uns noch eingehender mit den oben gekennzeichneten Verhältnissen beschäftigen, wobei besonders die Korngrößen und die Mischungsverhältnisse genauer in Betracht gezogen werden.

Als zweites Hauptererfordernis für alle zu Betonzwecken zu verwendenden Füllstoffe ist zu betonen, daß sie frei von Beimengungen sein müssen, welche die Festigkeit und Wetterbeständigkeit des Betons beeinträchtigen. Die Ansicht, daß Sand, Kies und Geröll keine lehmigen oder erdigen Bestandteile enthalten dürfen, ist in dieser Form nicht ganz zutreffend. Oft gibt ein schwach lehmhaltiger Sand bessere Festigkeitszahlen, als der gewaschene Sand.

Aufschluß, ob die tonigen Beimengungen der Füllstoffe schädlich sind, geben nur Festigkeitsversuche mit gewaschenen und ungewaschenen Füllstoffen. Die Ursache, daß schwach lehmhaltige Sande verpönt sind, ist darin zu erblicken, daß schlechte Ergebnisse mit solchen Sanden erzielt wurden, welche Beimengungen von fettem Ton enthielten, wobei die Aufbereitung der Betonmasse nicht so weit getrieben wurde, daß die Tonknöllchen vollständig gleichmäßig in der Masse verteilt wurden. Ueberall, wo diese Vorsicht geübt wurde, haben sich nachteilige Folgen nicht gezeigt. Man ist sogar noch weiter gegangen und hat Lehm künstlich beigemischt, um bei gewissen Sanden bessere Festigkeiten zu erzielen. Füllstoffe, welche organische Stoffe, wie Pflanzenstoffe und Wurzeln enthalten, bedürfen besonderer Aufmerksamkeit und sind besser zu verwerfen.

Außer den von der Natur dargebotenen Füllstoffen werden auch, wie schon oben bemerkt, künstlich hergestellte Füllstoffe zur Betonbereitung verwendet. Hierbei sind bei mehreren dieser Stoffe, insbesondere bei den Schlacken, einige Vorsichtsmaßregeln zu treffen, auf welche bei der näheren Besprechung noch eingegangen werden wird.

## Sand.

Sand ist ein loses Haufwerk von Gesteintrümmern, dessen Einzelteile sehr verschiedene Korngröße von wechselnder Form haben können, wobei die umgrenzende Fläche des einzelnen Korns sehr verschiedene Gestalt aufweisen kann. Bezüglich der Korngröße kommen die Größen von 7 mm an bis 0,1 mm in Betracht.

Da Sand von allen vorkommenden Gesteinen herstammen kann, so werden die einzelnen Sande je nach ihrer Herkunft verschiedenartige Eigenschaften besitzen, insbesondere in bezug auf ihre Härte, Eigenfestigkeit, Spaltbarkeit und Form der einzelnen Körner. Für Betonzwecke findet der reine Quarzsand die größte Verwendung, welcher in der Natur sehr verbreitet ist, und der sich an vielen Orten in mächtigen Lagern vorfindet. Nächst diesem kommen Dolomit- und Kalksande häufig in Frage, welche aus kristallinischen Dolomiten und Kalksteinen entstanden

sind. Diese Sande sind meistens infolge Zerstörung größerer Gesteinstrümmer durch Frosteinwirkung entstanden.

Eine besondere Sandart bilden die vulkanischen Sande, welche sich durch geringes Eigengewicht anderen Sanden gegenüber auszeichnen. Diese Sande kommen in vulkanischen Gegenden in großen Lagern vor, z. B. in der Eiffel, und werden mit Vorteil für manche Betonarbeiten verwendet, bei denen ein geringes Eigengewicht erwünscht ist.

Außer diesen in der Natur vorkommenden Sanden werden zu Betonzwecken auch künstlich hergestellte Sande verarbeitet. Wir können als solchen Sand die uns schon bekannte granulierte Hochofenschlacke betrachten, sowie das auf künstlichem Wege aus Gesteinstrümmern hergestellte Steinmehl.

Ein guter, als Füllstoff für Beton geeigneter Sand soll ein nicht zu feines, am besten gemischtes Korn mit möglichst scharfen Kanten und ebenen Begrenzungsflächen haben, damit die einzelnen Körner einer recht engen Aneinanderlagerung fähig sind und dem Bindemittel Gelegenheit bieten, das Korn von allen Seiten zu umgeben. Staub verhindert das unmittelbare Anlagern des Bindemittels und das Benetzen der Sandkörner, schädlich sind erdöl- oder asphaltartige Durchtränkung des Sandes oder Gehalt an Torf oder Humus. Durch solche Sande kann die Wirkung der vorzüglichsten Bindemittel vollständig vernichtet werden, dagegen durch gereinigten Sand eine mehrfach höhere Festigkeit bei dem gleichen Bindemittel erzielt werden. Aus dem bloßen Ansehen läßt sich jedoch nicht mit Gewißheit sagen, ob eine Reinigung des Sandes vorteilhaft ist. Zweckmäßig werden zur Entscheidung dieser Frage Festigkeitsproben aus dem Rohsand und dem gereinigten Sand veranstaltet, deren Ergebnis entscheidet, ob eine Reinigung zweckmäßig ist oder unterbleiben kann.

Die Beschaffenheit des Sandes hat auf die Güte und Festigkeit des Mörtels großen Einfluß, dies beweist beispielsweise die Ermittelung der Zugfestigkeitszahlen nachstehender Mörtelmischungen mit verschiedenen Sanden. Die angeführte Erhärtungszeit bei den Proben war gleichmäßig 28 Tage und der Zerreißquerschnitt 5 qcm. Die Angaben sind auf 1 qcm umgerechnet. Als Mörtelgemenge wurde jedesmal ein Gewichtsteil desselben Portlandzementes und drei Gewichtsteile verschiedener Sande verwendet.

Bezeichnung des Sandes:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Feiner Grubensand | | | 5,1 | kg | Zugfestigkeit. |
| „ | Flußsand | I | 11,6 | „ | „ |
| grober | „ | I | 20,2 | „ | „ |
| feiner | „ | II | 11,7 | „ | „ |
| „ | „ | III | 14,5 | „ | „ |
| grober | „ | III | 21,1 | „ | „ |
| Normensand | | | 20,9 | „ | „ |

Man sieht hieraus, wie dasselbe Bindemittel ganz verschieden Festigkeiten unter gleichen Bedingungen erlangen kann, je nach der Beschaffenheit des ihm beigemischten Sandes, und es ist deshalb bei Vergleichen in bezug auf die Güte eines Mörtels notwendig, einen sich stets gleichbleibenden Sand als Vergleichsmittel zugrunde zu legen. Ein solcher Sand ist der vom Verein deutscher Portlandzement-Fabrikanten hergestellte Normensand, von dem noch später bei der Prüfung der Zemente die Rede sein wird.

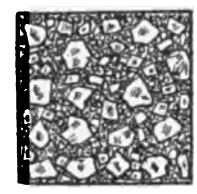



Bild 32.

Ein Sand von gleicher Korngröße wird beim Aneinanderlagern der einzelnen Körner auch stets nahezu gleich große Hohlräume zwischen den einzelnen Körnern freilassen. Mit andern Worten gesagt, die Hohlräume sind dann am größten, wenn der Sand aus gleichmäßig großem Korn besteht. Ist jedoch die Korngröße verschieden, so füllen die kleineren Körner die Hohlräume zwischen den größeren Körnern aus. Unser Bild 32 wird dies ohne weiteres verständlich machen. Links ist ein Sand von gleicher, rechts ein Sand von gemischtkörniger Beschaffenheit zur Darstellung gebracht. Man sieht leicht ein, daß zur festen Verkittung der einzelnen Sandkörner untereinander im ersten Falle mehr Bindestoff nötig ist als im zweiten Falle.

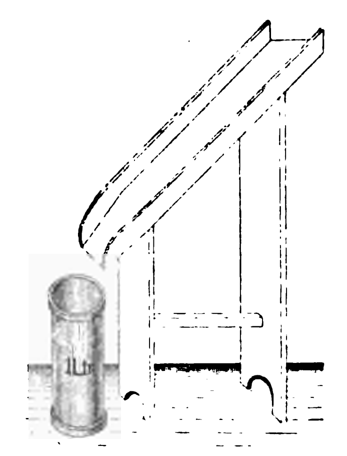


Bild 33.

Ein gemischtkörniger Sand wird also vom wirtschaftlichen Standpunkte aus zur Bereitung des Mörtels einem Sande mit gleich großem Korn vorzuziehen sein, weil die Hohlräume zwischen den einzelnen Sandkörnern, welche später durch das Bindemittel ausgefüllt werden müssen, bei gemischtkörnigem Sand immer am kleinsten sind, und dasjenige Sandgemisch das Vollkommenste sein wird, welches die wenigsten Hohlräume aufweist.

Um vergleichende Versuche nach dieser Richtung hin anzustellen, füllt man den trockenen Sand lose in ein Litergefäß ein und stellt das Gewicht fest. Zweckmäßig ist es, sich hierzu einer schrägen Ebene*) zu bedienen, wie Bild 33 zeigt. Früher war es üblich, aus einem Meßgefäß solange Wasser in das Litergefäß laufen zu lassen, bis dasselbe an der Oberfläche erschien und über den Rand des Gefäßes abzufließen begann. Die Anzahl der ccm Wasser, welche zu diesem Versuche nötig sind, sollte das genaue Maß

*) Zu beziehen vom Chem. Laboratorium für Tonindustrie, Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer, Berlin NW. 21.

der in einem Liter Sandes enthaltenen Hohlräume darstellen. Diese Bestimmungsart ist jedoch verlassen worden, weil sich in dem feuchtwerdenden Sand leicht Luftblasen fangen. Um den wirklichen Raum zu finden, welchen der Sand einnimmt, ist das gefundene Gewicht durch das spezifische Gewicht zu dividieren. Dasselbe ist durchschnittlich 2,65. Für die praktische Berechnung genügt diese Annahme vollständig. Hat man beispielsweise ein Gewicht von 1648 g gefunden, so beträgt der ausgefüllte Raum $\frac{1,648}{2,65} = 0,622$ l. Der freie Raum zwischen den Körnern ist demzufolge $1 - 0,622 = 0,378$ l. Durch Vergleich der Litergewichte und Hohlräume ist leicht festzustellen, welcher von den zur Prüfung gelangenden Sanden zur Mörtelherstellung am geeignetsten erscheint. Zahlreiche Versuchsreihen haben bewiesen, daß die gemischtkörnigen Sande, bei denen alle Korngrößen vertreten sind, den dichtesten Mörtel bei Mischungen mit gleichen Teilen des Verkittungsstoffes ergeben und demzufolge die größte Festigkeit haben. Man kann also sagen, ein Sand, welcher verschiedene Korngrößen enthält und das höchste Litergewicht aufweist, ist vom wirtschaftlichen Standpunkte aus schon aus dem Grunde vorzuziehen, weil man mit den kleinsten Teilen des Verkittungsstoffes die größtmöglichste Festigkeit erhält, d. h. die verkittende Kraft des Bindemittels kommt im gemischtkörnigen Sande bedeutend besser zur Geltung, als bei Sanden von gleicher Korngröße.

Die Natur bietet uns zwar an manchen Orten solche gemischtkörnigen Sande dar, aber man wird in vielen Fällen dazu schreiten müssen, Sande verschiedener Zusammensetzung mit einander zu mischen, wenn man vorteilhaft arbeiten will. Nach dem eben beschriebenen Verfahren wurden z. B. folgende Zahlen gefunden.

| | Litergewicht | | Hohlräume |
|---|---|---|---|
| | Eingefüllt | Eingerüttelt | Gerüttelt |
| | g | g | |
| Grober Sand aus Schlesien | 1680 | 1780 | 315 |
| Feiner " " " | 1520 | 1776 | 323 |
| Sand aus Mecklenburg | 1530 | 1680 | 354 |
| " " Sachsen | 1520 | 1690 | 350 |
| Berliner Mauersand | 1560 | 1760 | 323 |
| " Kies | 1790 | 1830 | 296 |

Aus dem zuletzt genannten Sand wurden verschiedene Mischungen mit Berliner Kies hergestellt, welche folgende Zahlen ergaben:

| Berl. Mauersand | Kies | Litergewicht | | Hohlräume |
|---|---|---|---|---|
| Raumteile | | Eingefüllt | Eingerüttelt | (eingerüttelt) |
| 3 | 4 | 1830 | 1940 | 254 |
| 4 | 3 | 1880 | 1990 | 235 |
| 5 | 2 | 1870 | 1930 | 257 |

Man sieht hier ohne weiteres, daß die an zweiter Stelle genannte Mischung (4 Teile Sand, 3 Teile Kies) die wirtschaftlich günstigste ist.

Natürlich darf hier der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit der Sandkörner nicht außer Acht gelassen werden. Der Vergleich bezieht sich nur auf Mischungen ein und desselben Füllstoffs. Bei anderem Füllstoff kann sich das Verhältnis wesentlich ändern. In jedem Falle müssen Proben entscheiden.

Bei der Herstellung von Beton sollte man nur tonfreien oder gut gewaschenen Sand und Kies zur Anwendung kommen lassen, falls nicht reiner Flußsand zur Verfügung steht, und die Festigkeitsversuche ergeben haben, daß der ungewaschene Sand bessere Festigkeit gibt. Mit großem Vorteil bedient man sich zum Waschen des Sandes der Sandwaschmaschine.

Eine solche zeigt Bild 34. Diese besteht aus einem schräg gelagerten Zilinder A aus Eisenblech, in welchem sich eine Welle mit

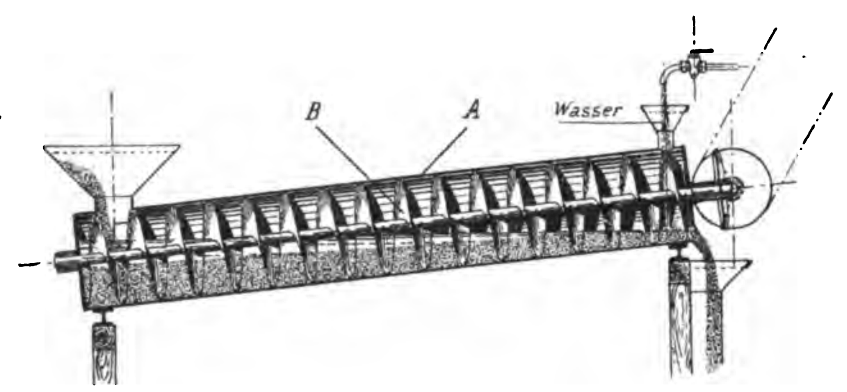



Bild 34. Sandwaschmaschine.

Förderschnecke B so bewegt, daß das Waschgut nach der höher gelegenen, offenen Stirnseite des Zilinders getrieben wird. Die tiefergelagerte Stirnseite des Waschzilinders ist bis auf mehrere Löcher oberhalb der Achse geschlossen, durch welche das verbrauchte Waschwasser abläuft. Der Einwurf des Sandes erfolgt durch einen Trichter, welcher nahe dem tiefsten Ende an der oberen Mantelseite angebracht ist, während der Wasserzufluß am entgegengesetzten oberen Ende erfolgt. Während das Wasser bestrebt ist, den tiefsten Teil des Waschzilinders zu erreichen, wälzt die Förderschnecke den Sand dem höheren Ende desselben zu, wodurch ein gründliches Auswaschen des Sandes herbeigeführt wird. Der gewaschene Sand fällt am höher gelegenen Ende des Waschzilinders heraus und wird, falls eine Trennung der einzelnen Korngrößen erzielt werden soll, zweckmäßig sogleich in eine Siebvorrichtung, wie sie beispielsweise Bild 35 darstellt, geleitet.

Die Siebvorrichtung besteht hier aus einem schräg liegenden, um eine Achse drehbaren Siebzilinder, dessen Mantel aus Sieben von ver-

schiedenen Maschenweiten besteht. Der Sand wird an dem oberen Ende in das Innere des Siebzilinders gebracht und fällt zunächst auf den feinsten Siebmantel, dann auf den weniger feinen und endlich auf den gröbsten Teil der Siebvorrichtung. Zu grobe Stücke gelangen durch das offene, untere Kopfende nach außen. Unter den einzelnen Sieben befinden sich Trichter, durch welche der gesiebte Sand in darunter befindliche Behälter fällt.

In Betrieben, in denen ohne Maschinenkraft gearbeitet wird, wäscht man den Sand in der Weise, wie es Bild 36 darstellt.

Hierbei wird der Sand einfach in ein flaches Becken A geworfen, in welches man fortwährend Wasser fließen läßt und gleichzeitig den

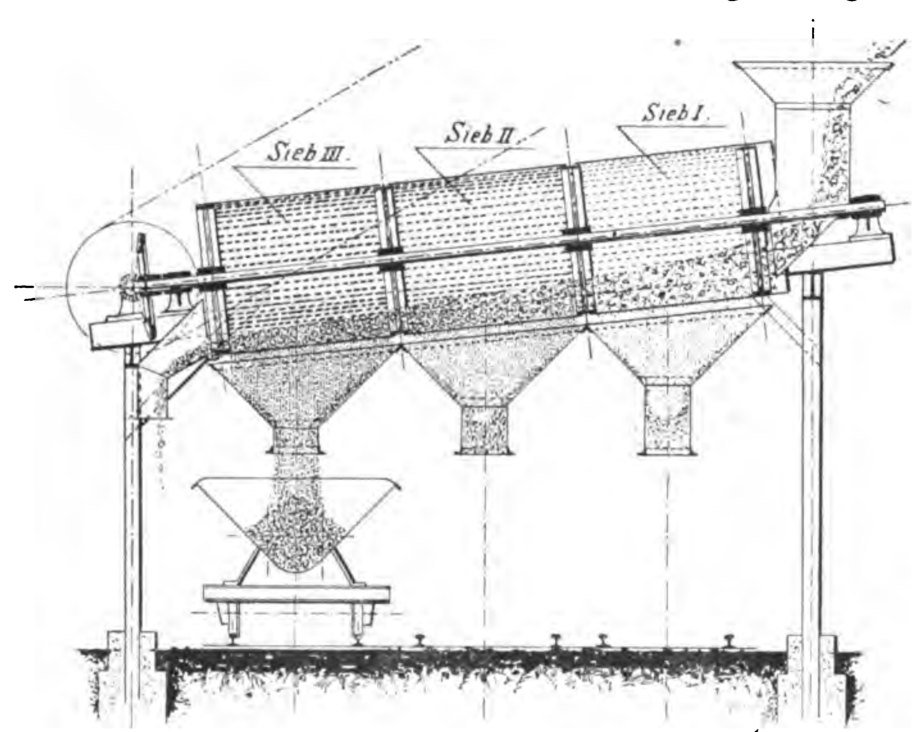



Bild 35. Zilindersieb.

Sand mittels Krücken so aufrührt, daß die Beimengungen dem Sande durch das Wasser entzogen werden, welches, sobald das Becken gefüllt ist, samt den unreinen Stoffen bei C in eine tiefer gelegene Grube abfließt, in welcher sich die letzteren ablagern. Bei Wassermangel kann man das Wasser dieser Grube wieder benutzen, indem man es durch eine Pumpe wieder in die Waschgrube leitet, wobei jedoch ein Aufrühren der unreinen Stoffe sorgfältig zu vermeiden ist. Von Zeit zu Zeit ist eine Räumung der Schlammgrube erforderlich. Das Sieben des Sandes geschieht dann durch das Wurfsieb, wie solches allgemein auf den Bauten benutzt wird.

Zur Gewinnung des Sandes aus stark sandhaltigem Ton oder Lehm kann man eine Harken-Schlämmaschine mit gutem Erfolge benutzen. Man legt hierzu am besten einen gemauerten, runden Behälter an, in dessen Mittelachse eine stehende Welle angebracht ist. An dieser befinden sich mit Schleppharken versehene Querarme, welche die im Behälter befindliche, mit vielem Wasser flüssig gemachte Ton- und Sandmasse fortwährend aufrühren. Die schweren Sand- und Kiesteilchen werden sich unten am Boden des Rührbehälters niedersetzen, während die feineren Tonteilchen durch höher gelegene Oeffnungen in die Schlämmgruben

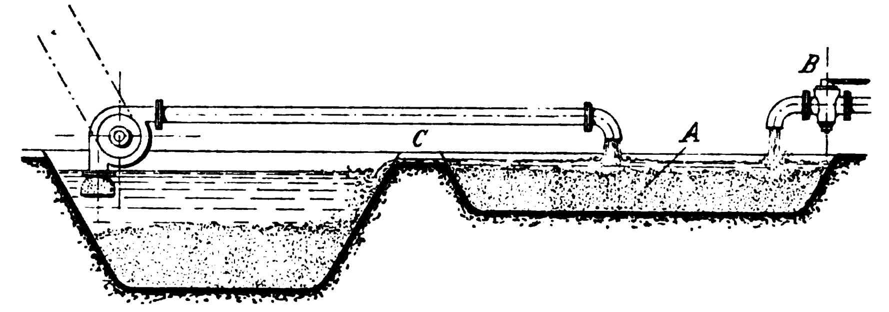
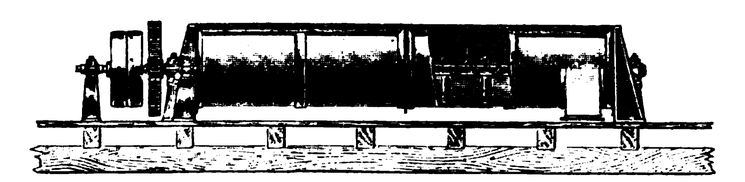


Bild 86. Sandwäsche.

abgelassen werden, ähnlich wie bei der auf S. 26 in Bild 1 dargestellten Schlämmaschine. Der Sand und Kies wird entweder durch einen Elevator, dessen Becher mit feinen Löchern zum Durchlaufen des Wassers versehen sind, fortwährend während des Betriebes herausgeschafft, oder er wird nach jedesmaligem Fertigschlämmen des Inhalts eines Behälters herausgeschaufelt, um Raum für eine neue Füllung des Behälters zu erhalten. Der Betrieb dieser Schlämmanlagen erfolgt entweder durch


Bild 87. Sandwaschtrog.

Maschinenkraft oder bei Göpelantrieb durch Tierkraft. Naturgemäß wird man diese Anlagen, wenn irgend angängig, in nächster Nähe des Ortes anbringen, wo die Rohstoffgewinnung vor sich geht.

Um die unmittelbar der Sandgrube entnommenen, mit unreinen Bestandteilen behafteten Rohstoffe von diesen zu trennen, benutzt man offene, wagerecht liegende Tröge, in deren Mittelachse eine mit kreuzweis stehenden Messern versehene Welle sich befindet (Bild 37). Diese Messer durchschneiden das auf einem Ende des Troges eingeworfene Gut bei der Umdrehung der Welle stetig, wobei dasselbe unter fortwährendem Wasserzufluß beständig dem Ausgange zugeführt wird.

von hier aus gelangt es auf Siebe, wobei das mit Schlamm beladene Wasser durch Rinnen abgeführt wird. Der Betrieb findet hierbei durch Maschinenkraft statt.

Eine andere Sandwaschmaschine ist in Bild 38 dargestellt.

Bei der Maschine, welche sowohl von Hand-, als auch durch Maschinenkraft betrieben werden kann, wird der zu waschende Sand in einer $2^1/_2$ bis $4^1/_2$ m langen Wasserrinne durch eine Anzahl Scheuerarme hin- und hergeschleudert und dadurch Ausscheidung der erdigen oder tonigen Bestandteile erzielt. Vermittels einer Schnecke wird der gewaschene Sand dann dem Ausgange zugeführt und gelangt gewünschten Falles auf eine Siebvorrichtung, um gröbere und feinere Teile von einander trennen zu können. Die Maschine leistet je nach der Größe 15 bis 40 cbm im Tage.

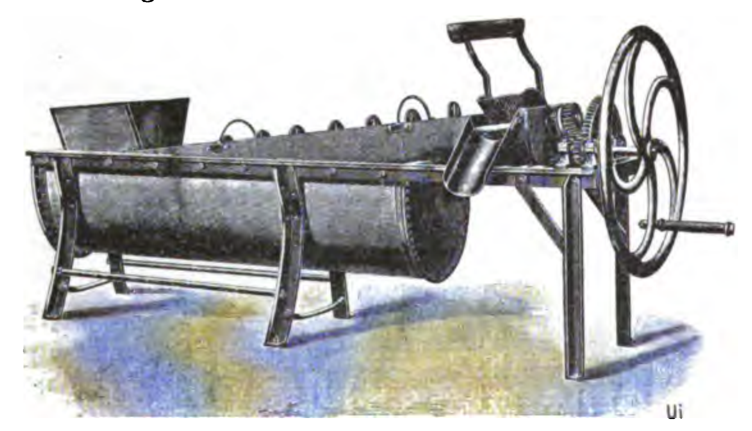


Bild 38. Sandwaschmaschine.

Grubensand. Unter Grubensand versteht man diejenigen Sandablagerungen, welche durch das Wasser an manchen Stellen angeschwemmt worden sind und sich hier in größeren Mengen angesammelt haben. Das Korn des Grubensandes ist sehr verschieden und ebenso verschieden sind die Gesteinsarten, aus denen der Grubensand sich zusammensetzt. Meistens pflegen Grubensande frei von anderen Stoffen zu sein, weil das Wasser, welches sie an ihre gegenwärtige Lagerstätte dereinst angeschwemmt hat, die tonigen und pflanzlichen Bestandteile in der Regel weiter fortführt, sodaß nur noch der schwere Sand zur Ablagerung an den Grund gelangt. In der Norddeutschen Tiefebene, insbesondere in der Mark Brandenburg finden sich Ablagerungen dieser Art von ungeheurer Größe, welche zum Teil aus sehr reinen Sanden bestehen. In der Gegend von Freienwalde a. O. wird z. B. eine solche Grube zur Herstellung des noch später zu erwähnenden Normalsandes benutzt. Ferner fanden sich in der Lausitz in Hohenbocka wertvolle Quarzsande von außerordentlicher Reinheit, welche für Glashütten und Porzellanfabriken von unschätzbarem Werte sind.

Flußsand. Unter Flußsanden versteht man diejenigen Sande, welche sich in den Flußbetten abgelagert haben. Flußsande aus schnell fließenden Gewässern sind meistens frei von fremden Bestandteilen und geben, besonders dann, wenn sie festen Gesteinen, wie Granit, Porphyr, Quarz entstammen, einen guten Füllstoff für Betonzwecke ab. Die Sande mit rundlichem Korn sind aus den oben bereits angeführten Gründen weniger dazu geeignet.

Steinmehl. Wenn Sande, welche sich zur Betonherstellung eignen, nur schwer zu haben sind, muß man sich damit behelfen, daß man sich durch Zertrümmern passender Gesteine bis zur Sandgröße auf künstlichem Wege Sand herstellt, und, sofern die zur Herstellung von Steinmehl benutzten Gesteinsarten passend ausgewählt sind, erhält man auf diesem Wege ein Erzeugnis, welches seinen Eigenschaften nach für Betonzwecke hervorragend gut geeignet ist, weil durch die gewaltsame Zertrümmerung der Gesteinsarten das Steinmehl in der Regel ein außerordentlich spitzes, scharfkantiges und splittriges Korn zeigt, welches sich beim Einstampfen sehr dicht aufeinander lagert. Man benutzt das Steinmehl mit Vorliebe, wenn es sich um die Herstellung von Schmuckteilen und Kunstgegenständen aus Betonkunststeinen handelt, da hierbei die Art des Gesteins, aus welchem das Steinmehl hergestellt wurde, erkennbar bleibt. Zur Herstellung von künstlichem Marmor, Granit, Sandsteinen und Syenit sind solche Steinmehle aus den betreffenden Grundstoffen vorzüglich geeignet. Je nach Härte und Politurfähigkeit des ursprünglichen Gesteins nimmt ein aus solchem Steinmehl hergestellter Kunststein eine schöne Politur an, sodaß es selbst für den Kenner mitunter außerordentlich schwierig ist, zu entscheiden, ob man es mit einem aus natürlichem Stein oder aus Kunststein gefertigtem Gegenstande zu tun hat. Die richtige Beurteilung wird noch dadurch erschwert, weil man aus solchen Betonmassen hergestellte Gegenstände mit den gebräuchlichen Steinhauerwerkzeugen ohne Schwierigkeit an der Oberfläche bearbeiten kann. Auf der Düsseldorfer Ausstellung im Jahre 1902 waren solche Kunstwerke in sehr schöner Ausführung zu sehen, und auf der I. Ton-, Zement- und Kalkindustrie-Ausstellung im Jahre 1905 waren verschiedene Treppenstufen, Pfeiler und sonstige Bauteile ausgestellt, die im Aussehen und in der ganzen Bearbeitung fast vollkommen dem natürlichen Stein glichen.

### Kies und Geröll.

Die meisten Flüsse führen, besonders in ihrem oberen Laufe, eine Menge Gesteinstrümmer mit sich, welche durch die Gewalt des Wassers nach und nach eine rundliche Form annehmen, indem die einzelnen Gesteinstrümmer sich gegenseitig abschleifen und immer mehr die ursprünglich scharfen Kanten verlieren. Größere Trümmer dieser Art, welche nicht durch ein rundes Loch von 60—70 mm oder durch ein solches von 50—60 mm im Geviert fallen, nennt man Geschiebe oder Geröll, die kleineren unter 7 mm faßt man als Sand auf.

Je nach Art des Gesteines, aus dem sie bestehen, haben diese Stoffe sehr verschiedene Festigkeit. Weiche Sandsteine zerreiben sich in verhältnismäßig kurzer Zeit zu Sand, härtere Gesteine setzen der Gewalt des Wassers und dem gegenseitigen Abschleifen mehr oder weniger Widerstand entgegen, sodaß man sagen kann, daß Kies und Geröll in der Regel aus härterem Gestein besteht.

Was oben vom Sand gesagt wurde, gilt auch für den Kies, der in erster Linie zur Betonbereitung in Betracht kommt, während die gröberen Geschiebe oder das Geröll mehr bei dem später noch zu erwähnenden Konkretbau Anwendung finden. Oft findet sich der Kies ähnlich wie der Sand in großen Lagern zusammengeschwemmt. In diesem Fall spricht man von Grubenkies, während der unmittelbar aus dem Flußsand entnommene Kies Flußkies genannt wird.

Der Kieszusatz zur Herstellung von Beton hat eine große wirtschaftliche Bedeutung, denn wenn man den Begriff des Kieses dahin zusammenfaßt, daß darunter Stücke von 7 bis 60 mm zu verstehen sind, so bildet der Kies deshalb einen wertvollen Stoff zur Betonbereitung, weil er größere Räume in der Betonmasse ausfüllt, welche sonst durch das Bindemittel und den Sand ausgefüllt werden müssen. Die Verwendung des Kieses schließt mithin von vornherein eine Ersparnis in sich, was leicht einzusehen ist. Aus diesem Grunde wendet man Kies für die Betonbereitung überall dort an, wo es sich um die Herstellung von Bauwerken größerer Abmessungen handelt. Für Einzelteile wird man jedoch nur die feineren Kiessorten wählen können. Hauptbedingung ist bei der Verwendung des Kieses, daß die Festigkeit des Ursprungsgesteins den Anforderungen genügt, was in der Regel der Fall sein wird, weil, wie schon oben gesagt, weichere Gesteine sich bald zu Sand zerreiben. Es ist selbstverständlich, daß auch der Kies gewaschen werden muß, wenn er durch lehmige oder tonige Bestandteile stark verunreinigt ist, oder, wie dies auch manchmal vorkommt, stark mit pflanzlichen Bestandteilen, z. B. mit Braunkohlenstückchen versetzt ist.

Man wird in vielen Fällen gezwungen sein, den Kies vor der Verwendung nach der Korngröße zu scheiden, um die richtige Korngrößenmischung, wie sie für den jeweiligen Zweck erforderlich ist, herstellen zu können. Zu diesem Zweck benutzt man eine Sortiertrommelmaschine (Bild 39).

Eine solche Sortiertrommel besteht in der Hauptsache aus einem gelochten Stahlblechzilinder, welcher durch Armsterne auf einer Welle befestigt ist. Die Welle wird außerhalb des Zilinders beiderseits gelagert, und der Antrieb derselben kann entweder durch eine auf der Welle befestigte Riemenscheibe unmittelbar erfolgen, oder es wird ein Rädervorgelege angeordnet. Die Wellen sind in Oelkammerlagern mit Ringschmierung gelagert und bedürfen jährlich nur einer Oelfüllung.

Um verschiedene Korngrößen zu erhalten, wird der gelochte Stahlblechzilinder aus mehreren Stößen zusammengesetzt, wobei jeder Stoß eine bestimmte Lochung erhält und somit nur die entsprechende Korngröße hindurchfallen läßt. Der Rückstand verläßt die Trommel am Ende derselben.

Der ausgesonderte Kies wird, nach der Korngröße getrennt, in unter der Trommel angeordneten Trichtern aufgefangen und seinem weiteren Verwendungszwecke zugeführt. In Fällen, wo der Kies nicht ständig, sondern zeitweilig abgezogen wird, empfiehlt es sich, die Ausläufe dieser Trichter mit einem Tellerverschluß, wie das nachstehende Bild zeigt, zu versehen.

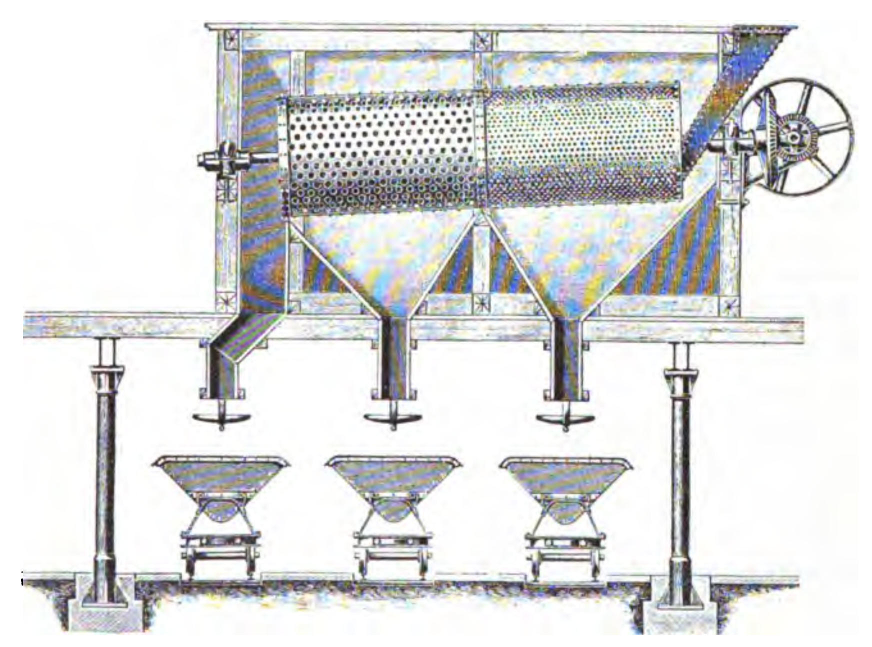


Bild 39. Sortiertrommelmaschine.

Wegen der Staubentwickelung empfiehlt es sich, die Sortiertrommeln an Ort und Stelle mit einem Holzkasten vollständig zu umkleiden. Zur Beobachtung und zum Auswechseln des Stahlblechmantels ist der Holzkasten an den entsprechenden Stellen mit seitlichen Türen versehen.

Die Leistung der Sortiertrommel muß für jeden einzelnen Fall angegeben werden, weil die Größe der Löcher in dem Zilindermantel und die Länge desselben von der gewünschten Korngröße und Menge abhängig ist.

## Steinschlag.

Dem gleichen Zweck wie der Kies dient der Steinschlag, den man in Ermangelung von Kies durch Zertrümmern größerer Steine auf den Maul- oder Steinbrecher (siehe Bild 4) herstellt. Die Verwendung des

Steinschlages an Stelle des Kieses bietet außerdem noch gewisse Vorteile dar, denn Steinschlag ist in allen Fällen dem Kies deswegen vorzuziehen, weil er scharfe Kanten und eine kristallinische Bruchfläche aufweist, während meistens der Kies ein rundliches Korn bei glatter Oberfläche zeigt. Er bietet also die gleichen Vorteile dar, welche die Verwendung scharfkantigen Gesteins gegenüber dem Sande von rundlichem Korn aufweist, wie dies auf Seite 68 bereits dargelegt wurde. Es ist wohl überflüssig, noch besonders zu erwähnen, daß zur Herstellung von Steinschlag nur feste und wetterbeständige Gesteinsarten Verwendung finden sollen.

### Schlacken.

Außer den in der Natur vorkommenden Füllstoffen verwendet man auch zur Betonbereitung künstlich hergestellte, insbesondere Schlacken aller Art, welche sich als wertlose Abfälle sonst schwer nutzbringend verwenden lassen. Die Verwendung von Hochofenschlacken ist z. B. als Ersatz für Kies und Steinschlag ziemlich verbreitet. Der Zusatz von Schlacken bietet den Vorteil, daß das Gewicht des Betons sich merklich erniedrigt, weil die Schlacken in der Regel ein geringeres spezifisches Gewicht haben, als die in der Natur vorkommenden Füllstoffe. Auch gewöhnliche Kohlenschlacken werden vielfach als ein fast überall zu habender Füllstoff benutzt.

Hochofenschlacke. Bei der Aufbereitung der Erze und der Verarbeitung derselben zu Metallen entfallen im Hochofenbetrieb als Abfall die Hochofenschlacken, welche in Form von Blöcken auf Halden geschüttet werden, und die im Laufe der Jahre sich oft zu großen Bergen ansammeln, welche große Lagerplätze beanspruchen. Auf manchen Hüttenwerken stellt diese Schlacke ein Erzeugnis dar, welches dicht und fest wie natürlicher Stein ist. Andere Hochofenschlacken zerfallen in mehr oder weniger kurzer Zeit durch den Einfluß der Luft zu einem grobkörnigen Pulver, welches häufig, wie wir bereits gesehen haben, hydraulische Eigenschaften zeigt. Zur Verwendung als Füllstoffe bei der Betonbereitung sind Hochofenschlacken nur dann brauchbar, wenn sie ihrer Zusammensetzung nach frei von schädlichen Bestandteilen und wetterbeständig sind. Es ist deshalb notwendig, daß man über das Verhalten der Hochofenschlacke im Einzelfall sich vorher genau unterrichten muß, wenn man bei der Verwendung zu Betonzwecken nicht Schaden leiden will. Bei manchen Hochofenschlacken, die äußerlich dicht und fest erscheinen, tritt aus bisher noch nicht genügend erforschten Gründen ein Zerfallen erst nach längerer Zeit ein. Es kommt vor, daß solche Schlacken zwei bis drei Jahre auf der Halde liegen, ohne ihr Aussehen merklich zu ändern, dann aber plötzlich eine Neigung zum Zerfallen zeigen. Werden solche Hochofenschlacken in frischem Zustand zu Betonzwecken verwendet, so ist natürlich der Bestand der aus solcher Betonmasse hergestellten

Bauten arg gefährdet. Die chemische Zusammensetzung darf bei der Beurteilung, ob eine Schlacke verwendungsfähig ist, nicht außer Acht gelassen werden. Viele Schlacken enthalten Schwefel in Gestalt von Sulfiden in größerer Menge, welcher leicht bei Berührung mit feuchter Luft eine chemische Umsetzung erfährt. Es entsteht durch Aufnahme von Sauerstoff schwefelsaurer Kalk, welche in Verbindung mit Portlandzement den gefürchteten Zementbacillus bildet. Es ist dies ein hochwasserhaltiger, mechanisch-fester Körper von der Zusammensetzung $(CaO)_3 Al_2 O_3 + 3 CaSO_4 + 30 H_2O$. Er ist die Ursache des Treibens. Andererseits bieten die Hochofenschlacken aber einen so billigen Füllstoff dar, daß man die Prüfung auf die Verwendbarkeit solcher Schlacken wohl mit in den Kauf nehmen muß. In zweifelhaften Fällen wird man gut tun, solche Hochofenschlacken einem für derartige Versuche eingerichteten Laboratorium, z. B. dem chemischen Laboratorium für die Tonindustrie, Prof. Dr. H. Seger und E. Cramer, Berlin N.W. 21, unter Angabe des beabsichtigten Verwendungszweckes zur Untersuchung einzusenden, um in dieser Beziehung sicher zu gehen.

Kohlenschlacken. Schlacken, welche sich bei der Verbrennung von Stein- und Braunkohlen bilden, sind ebenfalls unter Umständen für die Betonbereitung brauchbar. In Frage kommen diese Schlacken meist dort, wo spezifisch leichter Beton angewandt werden soll. Bei der Auswahl der Kohlenschlacken ist zu beachten, daß solche Schlacken häufig Körner von gebranntem Kalk enthalten. Benutzt man solche Schlacke in frischem Zustand, so zersprengen die Kalkkörner allmählich den Beton, weil der Kalk durch Aufnahme von Wasser auf den zwei- bis dreifachen Raum wächst. Gebraucht man jedoch die Vorsicht, solche Schlacken erst längere Zeit feucht lagern zu lassen, so löscht sich der Kalk und kann später im Bauwerk keinen Schaden mehr anrichten. Man soll deshalb niemals frische Kohlenschlacken verwenden, sondern die Schlacke unter häufigem Begießen mit Wasser mindestens sechs Wochen hindurch im Freien lagern lassen, um den in ihnen enthaltenen Kalk unschädlich zu machen. Das Begießen mit Wasser hat außerdem noch den Zweck, die etwa in der Schlacke vorhandenen schädlichen Salze zu entfernen, welche nicht selten darin enthalten sind.

## Wasser.

Das in der Natur vorkommende Wasser enthält fast immer gelöste Salze und ist manchmal auch mit Gasen vermischt, welche unter Umständen bei der Betonbereitung einen schädlichen Einfluß ausüben können. Es muß deshalb auch dem zur Betonbereitung benutzten Wasser eine gewisse Aufmerksamkeit gewidmet werden. Im allgemeinen kann man sagen, daß das Regenwasser am besten sich zur Betonbereitung eignet, weil es, im großen und ganzen genommen, am wenigsten fremde Beimengungen enthält. Doch gilt dieser Satz nur für industriefreie Gegenden.

Dort, wo viele Schornsteine rauchen oder chemische Fabriken Gase in die Luft entlassen, ist das Regenwasser in der Regel nicht einwandsfrei und muß häufig hinter dem Brunnenwasser zurücktreten.

Seewasser. Dem Meere entstammendes Wasser ist für die Betonbereitung nicht brauchbar, weil es eine ziemlich bedeutende Menge verschiedener Salze, z. B. Chlormagnesium, Chlorcalcium, Magnesiasulfat, gelöst enthält, welche unter Umständen schädlich auf die kalkhaltigen Bindestoffe einwirken. Wenn auch dieser Salzgehalt an und für sich genommen auf den ersten Blick nur geringfügig erscheint, so ist doch noch der Umstand zu bedenken, daß diese Salze ihrer Natur nach meistens hygroscopisch sind, d. h. mit großer Begierde Feuchtigkeit aus der Luft anziehen und die Folge dieser Eigenschaft ist, daß bei Verwendung von Seewasser zum Anrühren des Betongemenges die aus solcher Betonmasse hergestellten Bauwerke niemals völlig trocken werden, und außerdem die im Seewasser enthaltenen Salze an der Oberfläche des Bauwerkes als häßliche Ausschläge in die Erscheinung treten. Aus diesen Gründen ist die Verwendung des Seewassers für Betonzwecke zu vermeiden. In richtiger Erkenntnis dieses Umstandes wird z. B. bei den zurzeit auf der Insel Helgoland ausgeführten Meeresschutzbauten aus Beton das zur Betonbereitung notwendige Wasser mit großen Kosten zu Schiff von Hamburg herangeschafft.

Daß das Meerwasser während des Erhärtungsvorganges auf den Portlandzementbeton besonders schädlich einwirkt, ist schon früher klargelegt worden.

Flußwasser. Das Flußwasser ist in der Regel von fremden Beimengungen frei und kann deswegen zur Betonbereitung benutzt werden, sofern es klar ist. Wasser aus Flüssen mit moorigen oder torfigen Ablagerungen im Flußbett wird besser zur Betonbereitung nicht benutzt, weil solches Wasser häufig ziemliche Mengen von Säuren, insbesondere Kohlensäure und Humussäure enthält. Beide Säuren wirken schädlich auf den Beton ein, und man hat, wenn man gezwungen ist, Betonbauten auszuführen, welche ständig mit solchem Wasser in Berührung kommen, besondere Vorsichtsmaßregeln zum Schutz gegen die schädlichen Einwirkungen anzuwenden, von denen noch später die Rede sein wird.

Quellwasser. Bei der Verwendung von Quellwasser muß darauf geachtet werden, daß das Wasser keine mineralischen Säuren enthält. Insbesondere muß dem häufig im Quellwasser vorkommenden Kohlensäuregehalt aus den eben entwickelten Gründen Aufmerksamkeit geschenkt werden. Manches Quellwasser führt auch gelöste Salze mit sich (Mineralwässer), die schädlich auf den Beton einwirken können. Solche ausgesprochen salzigen Gewässer dürfen natürlich nicht für die Betonbereitung benutzt werden, und die Bauwerke aus Beton, welche mit ihnen in ständige Berührung kommen, bedürfen gleichfalls besonderer Schutzmaßregeln.

# Zubereitung des Betons.

Von der richtigen Zubereitung der Betonmasse hängt in hohem Maße das Gelingen des Betons ab. Wenn hierbei gegen die Regeln der Kunst gefehlt wird, können auch die besten Betonstoffe nicht zur vollen Wirkung gelangen. Es ist eine unleugbare Tatsache, daß bei der Zubereitung von dem Unkundigen beinahe noch mehr Fehler begangen werden, als bei der Auswahl der Stoffe an sich. So leicht es auf den ersten Blick auch erscheint, die Stoffe, welche zur Betonbereitung dienen, gehörig zu mischen, so müssen hierbei doch bestimmte Regeln befolgt werden, und der Betonbauer hat alle Ursache, hierbei mit Ueberlegung und großer Sorgfalt vorzugehen. Es kommt dabei nicht allein das richtige Mischungsverhältnis des Betongemenges in Frage, sondern auch der Arbeitsvorgang an sich, und ferner auch die richtige Bemessung des Wasserzusatzes. Hierbei ist es nicht immer ganz leicht, das Richtige auf den ersten Anhieb zu treffen, und häufig wird man sich bei wichtigen Bauten entschließen müssen, Probemischungen herzustellen, um aus ihrem Verhalten nach dem Abbinden und Erhärten beurteilen zu können, ob der erhaltene Beton den Anforderungen Genüge leistet. Dies ist besonders vom wirtschaftlichen Standpunkt aus zu empfehlen, denn es bedarf keiner weiteren Ueberlegung, daß z. B. ein unnötig hoher Zusatz des Verkittungsmittels eine Verschwendung an Geld bedeutet. Wenn in diesem Fall irgend ein besonderer Vorteil für das fertige Betonbauwerk herausspringen würde, ließe sich eine Mehrausgabe immerhin rechtfertigen. Es steht jedoch außer allem Zweifel, daß ein solcher Vorteil in keinem Fall vorhanden ist, denn, wenn eine Mauer, um ein einfaches Beispiel anzuführen, die ihr zugemutete spätere Belastung mit Sicherheit tragen kann, ist es falsch, sie auf eine höhere Belastung einzurichten, schon aus dem Grunde, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß die Tragfähigkeit eines richtig und kunstgerecht ausgeführten Betonbauwerkes mit der Zeit von selbst wächst, was besonders stark bei Betonbauten zum Ausdruck kommt, welche mit Portlandzement hergestellt wurden.

Bei der Herstellung des Betongemenges und der Ueberführung desselben in Betonmasse handelt es sich im wesentlichen darum, die einzelnen Baustoffe so zu mischen, daß sie sich gegenseitig auf das Innigste berühren, und die feinkörnigen Stoffe die gröberen umhüllen. Die Hauptkunst bei Betonausführungen besteht darin, Sorge zu tragen, daß eine

innige Mischung des Betongemenges vollzogen wird. Dieselbe muß soweit getrieben werden, daß kein Körnchen der feinen, pulverigen Stoffe mit den benachbarten Teilen zusammenklebt und Klümpchen bildet. Insbesondere ist Sorge zu tragen, daß die Mörtelbildner als die eigentlichen Kittstoffe möglichst gleichmäßig in der Betonmasse verteilt werden. Diese Forderung im Auge haltend, ist zunächst pflichtgemäß darauf zu achten, daß die Bindemittel, der Zement, der hydraulische Kalk usw. nur in Form feinsten Pulvers zur Verwendung kommen. Mörtelbildner, welche klumpig sind, weise man zurück und werfe sie beiseite, wenn durch eigene Schuld eine Klumpenbildung stattgefunden hat. Eine oberflächliche Klumpenbildung, welche nur soweit reicht, daß die Klumpen in der Hand leicht zu Mehl zerrieben werden können, ist unbedenklich und vielfach nicht zu vermeiden.

Ueberall dort, wo Kalkbrei Verwendung finden soll, ist es zweckmäßig, denselben für sich in der Löschbank mit soviel Wasser zu verdünnen, als das Betongemenge zur Ueberführung in Betonmasse gebraucht. Der Kalk muß dabei völlig klar verrührt werden, d. h. er muß einen gleichmäßigen, rahmartigen Brei bilden, welcher frei von Knoten oder unzergangenem Kalkteig ist. Der Kalkbrei wird dann bei Bereitung der Betonmasse an Stelle des Wassers zugegeben.

Die Mischung des Betongemenges geschieht am zweckmäßigsten in trockenem Zustande, weil dann die Verteilung von Zement und Füllstoffen leichter gelingt und zu überschauen ist, und die einzelnen Körner nicht durch Feuchtigkeit aneinander kleben, sondern ein loses, leicht in seine Einzelbestandteile zu trennendes Haufwerk bilden. Auch der verkittende Stoff muß staubtrocken sein, wenn es sich nicht gerade, wie schon oben gesagt, um Kalkbrei handelt.

Das Anmachen darf nur in solchen Mengen erfolgen, als bequem in der zur Verfügung stehenden Zeit verarbeitet werden können.

Die Zeit, welche zur Verarbeitung gegeben werden kann, richtet sich im wesentlichen nach der Art und der Abbindezeit des Mörtelbildners. Wenn schnellbindender Zement verarbeitet wird, der innerhalb zwei Stunden oder gar in einer halben Stunde abgebunden hat, so ist die anzumachende Menge wesentlich geringer zu wählen, als wenn der Zement erst nach zwei Stunden abzubinden beginnt. Eingefrorene Betonmasse, d. h. solche, welche schon beginnt, hart zu werden, ist unter allen Umständen zu verwerfen.

## Gemengeverhältnis.

Bei allen größeren Bauunternehmungen war es lange Zeit üblich, von Seiten der Bauherrn ein bestimmtes Gemengeverhältnis vorzuschreiben, in welchem Schotter, Kies, Sand und Mörtelbildner gemischt werden sollten. Den unermüdlichen Bemühungen des Deutschen Beton-Vereins

ist es jedoch zu verdanken, daß von dieser Sitte mehr und mehr abgegangen worden ist, und dem Unternehmer überlassen wird, das Gemengeverhältnis selbst anzugeben. Wie schwer aber eine alte Gewohnheit auszurotten ist, erkennt man daran, daß heute noch die Lieferer für Mauersteinmaschinen ein bestimmtes Verhältnis von Kies, Sand und Zement vorschreiben, ohne Rücksicht auf den Sand zu nehmen. Während die Bauherren früher vielfach unzweckmäßige Mischungen vorschrieben, die zu reich an Zement waren, geben die Maschinenlieferer häufig für Zementmauersteine zu magere Gemenge an. Bei Besprechung des Sandes ist schon darauf hingewiesen, daß keine allgemein gültigen Vorschriften für das Gemengeverhältnis von Sand und Zement gegeben werden können. In weit höherem Maße trifft dies zu, wenn Schotter oder Kies Verwendung findet. Um sich über das Gemengeverhältnis klar zu werden, ist zunächst festzustellen, welchen Bedingungen der Beton entsprechen soll, ob derselbe nur auf Festigkeit oder auf Wasserdurchlässigkeit beansprucht wird oder ob er beiden Forderungen genügen muß. Einmal ist das gesteckte Ziel Erreichung einer bestimmten Festigkeit, das andere Mal Erzielung einer dichten, wasserundurchlässigen Schicht, oder drittens soll der Beton fest und dicht sein. Wenn zwar im allgemeinen angenommen werden kann, daß dichter, satter Beton stets die genügende Festigkeit aufweist, trifft dieses aber doch nicht immer zu. Wollte man stets da einen dichten Beton herstellen, um der gewünschten Festigkeit Genüge zu leisten, so darf man sich nicht verhehlen, daß leicht eine Verschwendung eintreten kann, wenn das Bauwerk lediglich auf Festigkeit beansprucht wird.

Es würde leicht sein, Vorschriften über die besten Gemengeverhältnisse für den Beton zu geben, wenn die Füllstoffe die gleichen Eigenschaften in bezug auf Festigkeit, Gestalt und Oberflächenbeschaffenheit haben würden. Dies trifft jedoch nie zu. Am ersten sollte man die Gleichheit bei künstlich hergestellten Füllstoffen, dem Schotter erwarten. Prüft man aber den Schotter näher, so findet man schon Unterschiede bei dem gleichen Steinbrecher, wenn dieser mit großen oder kleinen Gesteinstücken beschickt wird. Es gleichen sich zwar die Unterschiede, welche die einzelnen Stücke aufweisen, aus, wenn große Mengen gemischt werden. Jedoch ist keine völlige Gleichwertigkeit zu erwarten, wenn Schotter von verschiedenen Schotterwerken in Vergleich gezogen werden, auch dann nicht, wenn Gestein von dem gleichen Fundort zur Verarbeitung gelangt. Der Unterschied tritt am deutlichsten hervor, wenn das Gewicht einer bestimmten Raummenge in Vergleich gezogen wird. Selbstredend ist es grundfalsch, nun ganz ängstlich darüber zu wachen, daß der gelieferte Schotter, Kies, Sand usw. das ganz gleiche Raumgewicht aufweist. Beanstandungen nach dieser Richtung sind nur berechtigt, wenn durch Festigkeitsversuche der Nachweis geliefert werden kann, daß eine Minderung der Festigkeit durch das veränderte Raumgewicht herbeigeführt wird. Im allgemeinen kann der Steinschlag und Kies von einem be-

stimmten Werk oder einem bestimmten Kies als lieferungsgemäß angesehen werden, wenn eine Siebprobe das gleiche Ergebnis zeitigt. Auf die Ueberwachung durch regelmäßige Probesiebungen sollte man nie verzichten, wenn man Unannehmlichkeiten vorbeugen will. Ist beabsichtigt, zu einem anderen Schotter, Kies, Sand usw. überzugehen, so sollte man nie verabsäumen, das Raumgewicht und die Korngröße zu bestimmen und sich durch Festigkeitsprüfung zu überzeugen, in welchem Wertverhältnis der neue Füllstoff zu dem alten steht. Nur so kann man sich Sicherheit gegen Selbsttäuschungen verschaffen. Wie weit die Beurteilung durch bloßes Vergleichen der Füllstoffe beim Anschauen täuschen kann, möge folgendes Beispiel darlegen. Für die Gründung einer großen Kaserne standen zwei Kiese zur Verfügung, welche dem Aussehen nach unbedingt als gleichwertig angesprochen werden mußten. Es waren gewaschene Kiese von annähernd ganz gleicher Korngröße, die nur geringe Unterschiede in der Färbung aufwiesen. Die Festigkeitsproben an Würfeln von 30 cm Kantenlänge, unter ganz gleichen Bedingungen ermittelt, ergaben im Durchschnitt nach 28 Tagen:

103 kg/qcm
76 kg/qcm.

Die Gemenge bestanden aus 1 Zement, 4 Sand und 8 Kies. In fetterer Mischuug von 1 Zement, 3 Sand und 6 Kies ergaben sich Festigkeitszahlen von:

178 kg/qcm
147 kg/qcm.

Hierbei war streng darauf geachtet, daß ganz gleiche Bedingungen bei Herstellung der Probekörper eingehalten wurden, da die geringsten Abweichungen eine nicht unbedeutende Verschiebung in den Werten herbeiführen. Auf diesen Umstand wird später noch näher eingegangen werden.

Bei Auswahl der wirtschaftlichsten Gemengeverhältnisse ist nicht immer der Preis der Füllstoffe ausschlaggebend. Oft kommt man in die Lage, einem wenig geeignet scheinenden Füllstoff den Vorzug zu geben und muß dann suchen, durch eine entsprechend höhere Zementzugabe die Nachteile der Füllstoffe auszugleichen. Für den gewissenhaften Unternehmer sind bei der Wahl nur die Festigkeitsproben ausschlaggebend. Die Kosten machen sich bei weiser Vorsicht bald bezahlt.

Wie weit in dieser Hinsicht im Dunklen getastet werden kann, möge die nachstehende Reihe lehren, welche gelegentlich der Gründungsarbeiten für ein größeres Land- und Amtsgericht genommen wurde. Es waren zwei verschiedene Kiese, ein grober Sand und der Sand der Baugrube leicht erreichbar. Die Druckfestigkeit nach 28 Tagen betrug bei Würfeln von 30 cm Kantenlänge:

| Mischungsverhältnis: | Zement: 1 / Zuschlag: 8 | Zement: 1 / Zuschlag: 6 | Zement: 1 / Zuschlag: 4 |
|---|---|---|---|
| Kies 1 | 15,3 kg/qcm | 35,8 kg/qcm | 80,2 kg/qcm |
| Kies 2 | 30,3 „ | 40,2 „ | 70,9 „ |
| Sand | 27,1 „ | 37,4 „ | 56,7 „ |
| Baugrubensand | 48,2 „ | 62,2 „ | 87,3 „ |

In diesem Fall wurde der Baugrubensand verarbeitet und auf Zulieferung von Kies verzichtet.

An dieser Stelle seien noch einige Zahlen angegeben, welche gelegentlich der Wertschätzung von Kies und Schotter gewonnen wurden. Es kamen in Vergleich ein Gemenge von 1 Zement, 2,5 Sand und 5 Kies oder Schotter, und ein Gemenge von 1 Zement, 4 Sand und 8 Kies oder Schotter. Die Festigkeiten wurden nach 28 Tagen und 90 Tagen ermittelt. Die Mischung geschah durch Handarbeit. Der Kies und Schotter wurden durch drei Siebe getrennt, um einen Anhalt für die Korngröße zu erhalten. Das Grobsieb hatte 60 mm Maschenweite, das Mittelsieb 25 mm und das Feinsieb 7 mm. Die Teile über 60 mm und unter 7 mm Größe wurden für die Festigkeitsversuche nicht benutzt.

Die Siebversuche ergaben:

| | | |
|---|---|---|
| Kies: | Rückstand auf 25 mm Sieb | 68,2 i. H. |
| | „ „ 7 „ „ | 31,8 „ |
| Schotter: | „ „ 25 „ „ | 64,3 „ |
| | „ „ 7 „ „ | 35,7 „ |

Druckfestigkeit bei Würfeln von 30 cm Kantenlänge:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Zement, 2,5 Sand, 5 Kies | nach | 28 Tagen | 171,2 kg/qcm |
| | „ | 90 „ | 213,4 „ |
| 1 „ 2,5 „ 5 Schotter | „ | 28 „ | 209,5 „ |
| | „ | 90 „ | 247,6 „ |
| 1 „ 4 „ 8 Kies | „ | 28 „ | 126,3 „ |
| | „ | 90 „ | 153,4 „ |
| 1 „ 4 „ 8 Schotter | „ | 28 „ | 127,7 „ |
| | „ | 90 „ | 155,3 „ |

Am schwierigsten ist die Frage zu entscheiden, in welchem Verhältnis der Sand den groben Zuschlagstoffen beigemischt werden soll. Im allgemeinen hat sich der Brauch herausgebildet, bei satten Mischungen auf 1 Teil Sand etwa 2 Teile grobe Füllstoffe zu geben. Man macht jedoch hier einen Unterschied zwischen Kies und Schotter. Bei Kies wird die Mischung 2 : 1 eingehalten, während bei Schotter das Verhältnis 2,5 : 1 vorgezogen wird. Begründet wird dieses Vorgehen durch die Annahme, daß die Hohlräume im Kies 50 i. H. und im Schotter 40 i. H. ausmachen. (In Wirklichkeit betragen jedoch die Hohlräume im Kies 30—35 i. H., im Schotter 40—50 i. H) Zweck der Wahl dieser Mischungsverhältnisse ist, einen satten, von Hohlräumen freien Beton zu erhalten. Richtiger

ist aber ohne Zweifel, die Füllstoffe so zu mischen, daß die kleineren Körner in einem solchen Verhältnis vorhanden sind, daß die Lücken zwischen den größeren Stücken durch kleinere Stücke ausgefüllt werden, und zum Ausstopfen der jetzt bleibenden Räume wieder eine entsprechende Menge noch kleinerer Stücke zu benutzen und die zum Schluß bleibenden ganz kleinen Räume mit Sand bezw. mit Zement zu füllen. Diese Regel kann aber meist nur Beachtung auf dem Werkplatz finden, wo jahraus jahrein die gleichen Zementwaren hergestellt werden. Auf dem Bauplatz ist es jedoch oft ausgeschlossen, in dieser Weise vorzugehen, wenn nicht gerade die Aufgabe gestellt ist, einen unbedingt wasserdichten Beton zu liefern. Für die meisten Gründungsarbeiten, Decken- und Wändeherstellung usw. handelt es sich meistens darum, grobe Zuschlagstoffe mit feinen Zuschlägen und Zement zu mischen. Oft läßt man auch den Sand ganz fehlen. Letzteres Vorgehen hält Verfasser für verfehlt, weil auch der beste Zement aus einer zuverlässigen Fabrik manchmal Tücken zeigt, die behoben werden, wenn er mit feinem Sand versetzt verarbeitet wird. Für Betongemenge werden gewöhnlich die Füllstoffe nach Raumteilen gemessen, deren Durchschnittsraumgewicht gar nicht bekannt ist, während der Zement sack- oder faßweise zur Verwendung kommt. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Zemente sich sehr verschieden verhalten. Es ist zwecklos, die Marken, die der Verfasser als gut erkannt hat, hier aufzuführen, da er nicht Gelegenheit hatte, alle Zementmarken auszuproben. Die Anführung einiger Marken könnte jedoch diejenigen Zementwerke benachteiligen, deren Erzeugnis Verfasser noch nicht unter Händen gehabt hat. In einem Falle konnte er den Zement wesentlich durch Zusatz eines Drittels hydraulischen Kalkes verbessern. Dieser machte den Mörtel fetter und länger, d. h. klebriger. Vielleicht macht sich der Leser diesen Umstand zu Nutze, wenn er kurzen, sandigen Portlandzement zu verarbeiten hat. Eine Prüfungsweise des Zementes auf diese Eigenschaft, die von der allergrößten Bedeutung ist, habe ich an keiner Stelle aufgefunden. Die Verbesserung des Zementes durch Zusatz von hydraulischem Kalk kommt am greifbarsten durch die ermittelte Druckfestigkeit zum Ausdruck. Der verarbeitete Füllstoff war ein Kiessand von folgender Korngröße:

| | | |
|---|---|---|
| Kies . . . . . | 14 mm | 2 i. H. |
| „ . . . . . . | 10 „ | 15 „ |
| „ . . . . . . | 7 „ | 8 „ |
| Sand . . . . . | 4 „ | 14 „ |
| „ . . . . . . | 3 „ | 17 „ |
| „ . . . . . . | 2 „ | 18 „ |
| „ . . . . . . | 1 „ | 11 „ |
| Feinsand . . . . . . . . . | | 15 „ |

Dieser feine Kiessand ergab mit Zement und hydraulischem Kalk nach 28 Tagen folgende Festigkeiten bei Würfeln von 30 cm Kantenlänge:

Durchschnittswerte von je 5 Würfeln:

1 Zement, 7 Kies . . . . . . . . . . . 50,3 kg/qcm
3 Zement, 1 hydraulischer Kalk, 28 Kies . 61,9 „

Wasserzusatz.

Der Wasserzusatz, der meistens $^{1}/_{12}$ des Gemenges beträgt, ist von der allergrößten Bedeutung. Bei der Wahl der Gemengeverhältnisse müssen wir uns vergegenwärtigen, daß die Füllstoffe mit Zement oder besser mit Sandzementmörtel umhüllt werden, möglichst vollständig, damit beim Einstampfen die Zuschlagstoffe sich nicht berühren können, sondern durch eine Mörtelschicht getrennt werden, welches bezweckt, die einzelnen Stücke oder Körner aneinander zu kitten. Hält man an diesem Grundsatz fest, so ist es von selbst gegeben, daß nur soviel Wasser vorhanden sein darf, daß der Mörtel einen steifen Brei bildet, der gut an den Zuschlagstoffen klebt. Ist der Mörtel zu dünnflüssig, so wird die Kittschicht zu dünn; der Mörtel fließt beim Einstampfen von den Körnern ab und bleibt als tote Masse in den Hohlräumen liegen, ohne seine kittende Fähigkeit entfalten zu können.

Der Einfluß des mehr oder mindergroßen Wassergehaltes des Betongemisches wurde eingehend vom Betonausschuß des Deutschen Betonvereins geprüft. Da die Zahlen von der allergrößten Bedeutung sind, seien dieselben in der Tabelle auf S. 90 und 91 wiedergegeben.

Wenngleich die ermittelten Zahlen nicht ganz einwandfrei sein sollten, so geben sie doch ein treffliches Bild dafür, wie sehr der Wassergehalt von Einfluß auf die Festigkeit ist. Die Abweichung würde noch mehr zu Tage treten, wenn nur Kies und Sand zur Verarbeitung gekommen wären.

Ausbeute.

Durch die vorstehenden Ausführungen ist gerechtfertigt, daß der Verfasser davon absieht, Mischungsverhältnisse wiederzugeben, die er als günstig erprobt hat, weil nur selten jemand in die Lage kommen wird, unter den gleichen Umständen zu arbeiten. Von Wichtigkeit ist indessen die Frage nach der Größe der Ausbeute. Nachstehend seien einige Ermittelungen des Verfassers wiedergegeben.

Es kamen ein guter Baggerkies und scharfer, reiner Flußsand im Verhältnis 1 Sand zu 2 Kies zur Verwendung.

| Mischungsverhältnis | Zement kg | Sand l | Kies l | Wasser l | Ausbeute l |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 : 5 | 170 | 203 | 406 | 761 | 578 |
| 1 : 6 | 170 | 244 | 488 | 877 | 680 |
| 1 : 7 | 170 | 285 | 570 | 100 | 785 |
| 1 : 8 | 170 | 325 | 650 | 112,2 | 894 |
| 1 : 9 | 170 | 366 | 732 | 124,2 | 1006 |
| 1 : 10 | 170 | 407 | 814 | 136,7 | 1122 |
| 1 : 11 | 170 | 447 | 894 | 148,9 | 1241 |
| 1 : 12 | 170 | 488 | 976 | 161,2 | 1360 |

# Druckfestigkeiten von Stampfbeton mit Würfelkörpern

**Die Mischungsverhältnisse bestehen aus: 1 Raumtl. Zement + $2^1/_2$ Raumtl. 7 mm Sand + 5 Raumtl. Kies bezw. 1 Raumtl. Zement +**
**Alter der Proben 28 und 90 Tage. — Die Würfel erhärteten**

Die Probekörper wurden mit je zwei Stampfschichten von je 15 cm Höhe derart hergestellt, daß jede Schicht in drei stößen auf jede Stampfstelle bearbeitet wurde, durch freies Fallenlassen eines eiser-

**Zement „D“**

| | 28 Tage | | | | | | | | | | 90 Tage | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Isarsand und -Kies | | | | | | Rheinsand u. -Kies | | | | Isarsand und -Kies | | | | | | Rheinsand u. -Kies | | | |
| **Sandart** | mit 7 mm Sand ungewaschen | | mit 7 mm Sand gewaschen | | mit Rückstand des 7 mm Sandes (ungewaschen) auf dem 120-Maschensiebe | | mit 7 mm Sand ungewaschen | | mit Rückstand des 7 mm Sandes (ungewaschen) auf dem 120-Maschensiebe | | mit 7 mm Sand ungewaschen | | mit 7 mm Sand gewaschen | | mit Rückstand des 7 mm Sandes (ungewaschen) auf dem 120-Maschensiebe | | mit 7 mm Sand ungewaschen | | mit Rückstand des 7 mm Sandes (ungewaschen) auf dem 120-Maschensiebe | |
| **Mischung** | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : $2^1/_2$ : 5 | 1 : 4 : 8 |
| **Wasserzusätze** i. H.[2]) Erdfeucht | 5,5 | 5,0 | 5,37 | 4,65 | 4,2 | 3,85 | 4,75 | 4,4 | 3,89 | 3,47 | 5,5 | 5,0 | 5,37 | 4,65 | 4,2 | 3,85 | 4,75 | 4,4 | 3,89 | 3,47 |
| **Wasserzusätze** i. H.[2]) Weich | 7,0 | 6,35 | 5,85 | 5,09 | 5,65 | 5,17 | 6,0 | 5,8 | 4,83 | 4,24 | 7,0 | 6,35 | 5,85 | 5,09 | 5,65 | 5,17 | 6,0 | 5,8 | 4,83 | 4,24 |
| **Mehrgehalt** an Wasser in den weichen (plast.) Mischungen als in den erdfeuchten i. H. | + 27,3 | + 27,0 | + 8,9 | + 9,46 | + 34,5 | + 34,3 | + 26,8 | + 31,8 | + 24,2 | + 22,2 | + 27,3 | + 27,0 | + 8,9 | + 9,46 | + 34,5 | + 34,3 | + 26,3 | + 31,8 | + 24,2 | + 22,2 |
| **Erdfeucht eingestampft:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlere Druckfestigkeit kg/qcm | 175 | 100 | 183 | 121 | 184 | 133 | 285 | 127 | 237 | 130 | 254 | 152 | 250 | 163 | 271 | 210 | 318 | 192 | 326 | 220 |
| Mittleres Raumgewicht g/ccm | [1]) 2,441 | [1]) 2,468 | [1]) 2,469 | [1]) 2,452 | [1]) 2,423 | [1]) 2,437 | [1]) 2,409 | [1]) 2,372 | [1]) 2,890 | [1]) 2,845 | 2,451 | 2,464 | 2,478 | 2,481 | 2,488 | 2,444 | 2,418 | 2,374 | 2,396 | 2,349 |
| **Weich (plastisch) eingestampft:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlere Druckfestigkeit kg/qcm | 142 | 78 | 161 | 85 | 178 | 92 | 212 | 92 | 213 | 123 | 214 | 125 | 226 | 162 | 270 | 150 | 291 | 155 | 325 | 196 |
| Mittleres Raumgewicht g/ccm | [1]) 2,487 | [1]) 2,459 | [1]) 2,463 | [1]) 2,474 | [1]) 2,481 | [1]) 2,476 | [1]) 2,415 | [1]) 2,394 | [1]) 2,429 | [1]) 2,381 | 2,445 | 2,462 | 2,469 | 2,484 | 2,489 | 2,476 | 2,422 | 2,399 | 2,435 | 2,386 |

[1]) 48 Stunden nach dem Einstampfen. — Die übrigen in die Tabelle aufgenommenen Raumgewichte wurden am Tage der Druckprüfung der Körper ermittelt.

[2]) Bezogen auf das Gesamtgewicht des trockenen Gemenges; in den Wasserzusätzen ist der Wassergehalt des Sandes eingerechnet.

# von 300 mm Seitenlänge von Zement „D“ und „E“.

**4 Raumtl. 7 mm Sand + 8 Raumtl. Kies. Der Kies ist zusammengesetzt aus 75% von 5—25 mm und 25% von 25—40 mm Korngröße.**
**48 Stunden in der Form, die übrige Zeit unter feuchtem Sand.**
Stampfreihen von je 10 cm Breite eingeteilt mit je drei Stößen viermal vor- und rückwärts, somit mit zwölf Stampfnen Stampfers von 12 cm Seitenlänge und 12 kg Gewicht bei rund 25 cm Fallhöhe.

**Zement „E“**

| | 28 Tage | | | | | | | | | | 90 Tage | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Isarsand und -Kies | | | | | | Rheinsand u. -Kies | | | | Isarsand und -Kies | | | | | | Rheinsand u. -Kies | | | |
| **Sandart** | mit 7 mm Sand ungewaschen | | mit 7 mm Sand gewaschen | | mit Rückstand des 7 mm Sandes (ungewaschen) auf dem 120-Maschensiebe | | mit 7 mm Sand ungewaschen | | mit Rückstand des 7 mm Sandes (ungewaschen) auf dem 120-Maschensiebe | | mit 7 mm Sand ungewaschen | | mit 7 mm Sand gewaschen | | mit Rückstand des 7 mm Sandes (ungewaschen) auf dem 120-Maschensiebe | | mit 7 mm Sand ungewaschen | | mit Rückstand des 7 mm Sandes (ungewaschen) auf dem 120-Maschensiebe | |
| **Mischung** | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 | 1 : 2½ : 5 | 1 : 4 : 8 |
| **Wasserzusätze i. H.**[2] Erdfeucht | 6,7 | 5,0 | 4,8 | 4,2 | 4.5 | 4,0 | 5,0 | 3,8 | 4,0 | 3,5 | 6,7 | 5,0 | 4,8 | 4,2 | 4,5 | 4,0 | 5,0 | 3,8 | 4,0 | 3,5 |
| Weich | 8,8 | 6,5 | 5,5 | 5,0 | 5,17 | 5,3 | 6,0 | 5,4 | 5,2 | 5,0 | 8,8 | 6,5 | 5,5 | 5,0 | 5,17 | 5,3 | 6,0 | 5,4 | 5,2 | 5,0 |
| **Mehrgehalt** an Wasser in den weichen (plast.) Mischungen als in den erdfeuchten i. H. | + 31,3 | + 30,0 | + 14,6 | + 19,0 | + 26,7 | + 32,5 | + 20,0 | + 42,1 | + 30,0 | + 42,9 | + 31,3 | + 30,0 | + 14,6 | + 19,0 | + 26,7 | + 32,5 | + 20,0 | + 42,1 | + 30,0 | + 42,9 |
| **Erdfeucht eingestampft:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlere Druckfestigkeit kg/qcm | 121 | 47 | 114 | 56 | 135 | 78 | 140 | 91 | 164 | 78 | 165 | 66 | 155 | 82 | 185 | 109 | 202 | 119 | 219 | 105 |
| Mittleres[1] Raumgewicht g/ccm | 2,455 | 2,468 | 2,486 | 2,486 | 2,512 | 2,475 | 2,365 | 2,887 | 2,424 | 2,343 | 2,459 | 2,465 | 2,486 | 2,490 | 2,507 | 2,478 | 2,391 | 2,384 | 2,434 | 2,346 |
| **Weich (plastisch) eingestampft:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlere Druckfestigkeit kg/qcm | 110 | 23 | 98 | 42 | 93 | 43 | 122 | 74 | 107 | 49 | 144 | 43 | 145 | 63 | 128 | 62 | 155 | 93 | 142 | 72 |
| Mittleres[1] Raumgewicht g/ccm | 2,471 | 2,452 | 2,478 | 2,484 | 2,494 | 2,473 | 2,413 | 2,411 | 2,429 | 2,369 | 2,471 | 2,460 | 2,487 | 2,494 | 2,493 | 2,488 | 2,407 | 2,406 | 2,435 | 2,390 |

[1]) Ermittelt am Tage der Druckprüfung der Probekörper.
[2]) Bezogen auf das Gesamtgewicht des trockenen Gemenges; in den Wasserzusätzen ist der Wassergehalt des Sandes eingerechnet.

Berechnet man aus diesen Ergebnissen die Ausbeute, so stellt sich dieselbe wie folgt:

| | |
|---|---|
| 1 : 5 | 79,0 i. H. |
| 1 : 6 | 79,6 „ |
| 1 : 7 | 80,4 „ |
| 1 : 8 | 81,4 „ |
| 1 : 9 | 82,3 „ |
| 1 : 10 | 83,6 „ |
| 1 : 11 | 84,7 „ |
| 1 : 12 | 85,7 „ |

Von Wert ist zu wissen, wieviel Zement, Sand und Kies für 1 cbm Beton erforderlich ist. Durch Rechnung findet man dann:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 cbm | 1 : 5 | erfordert | 295 kg Zement | 0,353 cbm Sand | 0,706 cbm Kies |
| „ | 1 : 6 | „ | 250 „ „ | 0,360 „ „ | 0,720 „ „ |
| „ | 1 : 7 | „ | 220 „ „ | 0,364 „ „ | 0,728 „ „ |
| „ | 1 : 8 | „ | 190 „ „ | 0,365 „ „ | 0,730 „ „ |
| „ | 1 : 9 | „ | 169 „ „ | 0,365 „ „ | 0,730 „ „ |
| „ | 1 : 10 | „ | 151 „ „ | 0,364 „ „ | 0,728 „ „ |
| „ | 1 : 11 | „ | 137 „ „ | 0,362 „ „ | 0,724 „ „ |
| „ | 1 : 12 | „ | 125 „ „ | 0,360 „ „ | 0,720 „ „ |

Nach den Versuchen des Deutschen Betonvereins in dem Jahre 1901/1902 gab ein Gemenge von 1 Zement, 2,5 Sand und 5 Donaukies nur 64,5 i. H. Ausbeute. Es waren für 1 cbm Beton, der 2377 kg wog, erforderlich:

| | |
|---|---|
| Zement . . . . . . . | 0,183 cbm |
| Sand . . . . . . . | 0,452 „ |
| Grobkies . . . . . | 0,608 „ |
| Feinkies . . . . . | 0,303 „ |

Ein Gemenge von 1 Zement, 4 Sand, 8 Donaukies ergab eine Ausbeute von 64,1 i. H. 1 cbm Beton wog 2389,3 kg und brauchte

| | |
|---|---|
| Zement . . . . . | 0,120 cbm |
| Sand . . . . . | 0,479 „ |
| Grobkies . . . . | 0,639 „ |
| Feinkies . . . . | 0,318 „ |

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß diese Versuche nicht unmittelbar auf den Bau übertragen werden können, da die Verdichtung der Probewürfel eine viel schärfere war.

Wenn der Hohlraum und die Ausbeute bekannt sind, so lassen sich die Einzelmengen der Betonstoffe nach Büsing und Schumann*) wie folgt berechnen.

*) Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen. 3. Aufl., 1905.

Der Ausbeute können folgende Zahlen zugrunde gelegt werden:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| bei Mörtel | 1 : 1 | Raumteile | 70 | i. H. |
| „ | 1 : 2 | „ | 65 | „ |
| „ | 1 : 3 | „ | 70 | „ |
| „ | 1 : 4 | „ | 74 | „ |
| „ | 1 : 5 | „ | 76 | „ |
| „ | 1 : 6 | „ | 78 | „ |
| „ | 1 : 7 | „ | 80 | „ |
| „ | 1 : 8 | „ | 82 | „ |

Bezeichne M die erforderliche Gesamtmenge des Betons in cbm und betrage der Hohlraum beispielsweise 0,4 M, wird die Gesamtzahl der (Raum-) Teile mit T bezeichnet, während $t_1$, $t_2$, $t_3$ u. s. w. die Zahlen der Einzelbestandteile sind, so müssen die Einzelbestandteile in der Mischung in dem Verhältnis $\frac{t_1}{T}$, $\frac{t_2}{T}$ u. s. w. vertreten sein. Wenn es sich also um eine Mörtelmischung 1 Zement und 3 Sand handelt, so würde $T = 4$, $t_1 = 1$ und $t_2 = 3$ sein und sich, unter der Voraussetzung einer Mörtelausbeute von 0,70, alsdann berechnen:

die Zementmenge $m_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{0{,}70} \cdot 0{,}40\ M = 0{,}1430\ M.$

die Sandmenge $m_2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{0{,}70} \cdot 0{,}40$ „ $= 0{,}4286$ „

die Kiesmenge $m_3$ . . . . . . . . 1,00 „

Wenn der Mörtelmenge, um „satten“ Beton zu erhalten, 15 i. H. zugeschlagen werden müssen, so würden die betreffenden Zahlen sich erhöhen auf

die Zementmenge $m_1 = 0{,}1430\ (1 + 0{,}15)\ M. = 0{,}1645\ M.$
„ Sandmenge $m_2 = 0{,}4286\ (1 + 0{,}15)$ „ $= 0{,}4928$ „
„ Kiesmenge $m_3$ unverändert $= 1{,}00$ „

Wenn geringe Sorgsamkeit bei der Bereitung und Verarbeitung stattfindet, bedürfen diese Mengen eines gewissen Zuschlages, der nach der Art der vorhandenen Einrichtungen, der Einrichtung des Arbeitsplatzes, der Verarbeitungsweise u. s. w. wechselt. Unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. bei langen Ueberführungsstrecken des Betons oder bei Ueberführung mit Handkarren von der Lagerstelle der Stoffe bis zur Arbeitsstätte und von da zur Verbrauchsstelle kann der Zuschlag 10 i. H. und darüber erreichen, während bei normalen Verhältnissen 4 — 6 i. H. ausreichend sind. Für den Kies kann man den Zuschlag geringer ansetzen, als für Sand und Zement. Hiernach ist unter gewöhnlichen Verhältnissen:

die Zementmenge $m_1 = 0{,}1645\ (1 + 0{,}06)\ M. = 0{,}1744\ M$
„ Sandmenge $m_2 = 0{,}4929\ (1 + 0{,}06)$ „ $= 0{,}5225$ „
„ Kiesmenge $m_3 = 1{,}00\ \ (1 + 0{,}03)$ „ $= 1{,}03$ „

Ist der Beton unter Wasser zu schütten, so reichen die Zuschläge von 6 bezw. 3 i. H. nicht aus, sondern müssen höher gegriffen werden. Auch ist eine fettere Mörtelmischung notwendig, und der Mörtelanteil im Beton zu vergrößern. Man kann unter ungünstigen Verhältnissen die Zuschläge beim Zement auf 15, beim Sand auf 10 und beim Kies (Schotter) auf 5 i. H., den Mörtelanteil auf 0,50 und die Mörtelmischung zu 1 Zement auf etwa 2 Teile Sand annehmen.

1. Beispiel: Für den Fall, daß die herzustellende Betonmenge M = 100 cbm wäre und es sich um Trockenschüttung handelte, würde man bei 0,40 Hohlraum und der Mörtelmischung 1 Zement 3 Sand nach obigen Rechnungsergebnissen bedürfen:

Zement 0,1744 . 100 = 17,44 cbm . 1400 = 24416 kg = 144 Faß.
Sand 0,5225 . 100 = 52,25 rd 52 cbm
Kies 1,03 . 100 = 103 cbm.

Wenn anstatt Kies Schotter verwendet und der Beton nicht gestampft wird, bleibt die Schottermenge dieselbe. Wird gestampft, so müssen an Schotter etwa 25 i. H. mehr gerechnet werden (vorausgesetzt, daß man den Schotter nicht durch Mischung von Fein- und Grobschotter dichter macht).

2. Beispiel: Wenn die Schüttung in Wasser auszuführen wäre, erhält man für die Mörtelmischung 1 : 2, im übrigen nach den vorhergehenden Angaben, folgende Rechnungsergebnisse für:

die Zementmenge $m_1 = \frac{1}{3,0} \cdot \frac{1}{0,65} \cdot 0,50\ M = 0,2564\ M.$
„ Sandmenge $m_2 = \frac{2}{3,0} \cdot \frac{1}{0,65} \cdot 0,50$ „ $= 0,5128$ „ ,
„ Kiesmenge $m_3 = 1,00$ „

Durch den Zuschlag von 15 i. H. für Umhüllung der Körner u. s. w. vermehren sich diese Mengen wie folgt:

die Zementmenge $m_1 = 0,2564 \cdot 1,15\ M = 0,2949\ M.$
„ Sandmenge $m_2 = 0,5128 \cdot 1,15$ „ $= 0,5897$ „
„ Kiesmenge $m_3$ unverändert $= 1,00$ „

Hierzu die Verluste von bezw. 15, 10 und 5 v. H., welche beim Bereiten und Befördern, sowie durch Ausspülung entstehen können, zugeschlagen, dann erhöhen sich die Mengen wie folgt:

die Zementmenge $m_1 = 0,2949 \cdot 1,15\ M = 0,3391\ M.$
„ Sandmenge $m_2 = 0,5897 \cdot 1,10$ „ $= 0,6487$ „
„ Kiesmenge $m_3 = 1,00 \cdot 1,05$ „ $= 1,0500$ „

Für dieselbe Menge Beton von 100 cbm wie oben würde sich danach unter den vorausgesetzten Umständen der Bedarf an Stoffen ergeben wie folgt:

Zement . . . 0,3391 . 100 = 33,91 cbm = 47474 kg oder 279 Faß.
Sand . . . . 0,6487 . 100 = 65,00 „
Kies (Schotter) 1,05 . 100 = 105 „

In gleicher Weise wie vorstehend ist die Berechnung für anderweitige Mischungen und abweichende Verhältnisse bei der Bereitung und Verarbeitung des Betons zu führen.

Das Einbetten von gröberen Steinstücken, wie Findlinge oder Bruchsteine bietet ein Mittel die Mengen der Mörtelstoffe, welche zu einer bestimmten Menge Beton erfordert werden, zu verringern, ohne die Mörtelgüte herabzusetzen. Denn es wird die Masse des Betonkörpers um die Masse der eingepackten Steine vermehrt, ohne daß eine anderweite Vermehrung der Mörtelmenge stattfindet, als um den Verbrauch, den die satte Einlagerung der Stücke erfordert. Die Einpackungen vermindern aber die Gleichartigkeit der Masse des Betons, und dies um so mehr, je größer sie sind, deshalb ist das Verfahren nicht allgemein empfehlenswert. Wohl aber kann es sich da empfehlen, wo die betreffenden Betonkörper nur als tote Massen zu wirken haben, wie dies bei manchen Mauern in der Tiefe, bei Maschinengründungsmauerwerk und bei Schüttungen für Gründungszwecke u. s. w. der Fall ist, denn man braucht an dem satten Zustande des Betons nichts zu opfern, trotzdem der Anteil der Mörtelbildner geringer ist, als zur Sättigung erforderlich sein würde, kann daher in entsprechendem Verhältnis an Zement sparen, also billiger bauen. Dies wird durch die beiden folgenden Beispiele erwiesen.

Erstes Beispiel: Es sei die Betonmischung vorgeschrieben: 1 Zement, 3 Sand, 10 Kies. Der Kies habe 35 i. H. Hohlräume.

Weil der Hohlraum 10 . 0,35 = 3,50 Teile, dagegen die Mörtelmenge nur (1 + 3) 0,75 = 2,25 Teile beträgt, ergibt die vorgeschriebene Mischung porösen Beton mit 3,50 — 2,25 = 1,25 Teilen Hohlraum.

Wenn nun etwa gefordert würde, daß ohne Vergrößerung des Zementanteils der Beton satt werden soll, so kann das sowohl durch Vergrößerung des Sandanteils und durch Einpackungen, als endlich auch durch die gleichzeitige Anwendung dieser beiden Mittel erreicht werden.

Die notwendige Vergrößerung des Sandanteils ist aus der Bedingung zu bestimmen:

$$(1 + x)\ 0{,}75 = 3{,}50,$$

woraus $x = 3^2/_3$ folgt.

Die Mischung $1 : 3^2/_3 : 10$ würde keine eigentlichen Hohlräume enthalten, wohl aber mager und entsprechend feinporig, auch von entsprechend geringerer Festigkeit sein.

Will man satten Beton und gleichzeitig höhere Festigkeit erzielen,

so sind Einpackungen anzuwenden, deren dichte Masse sich wie folgt bestimmt:

Es sei x derjenige Kiesanteil, der zur Erzielung satten Betons nicht überschritten werden darf. Um satte Umhüllung der Kieskörner zu erreichen, ist dazu ein Zuschlag von 15 i. H. erforderlich, danach der Hohlraum vermehrt um den Zuschlag:

$$x \cdot 0{,}35 + x \cdot 0{,}35 \cdot 0{,}15 = 2{,}25, \text{ woraus } x = 6.$$

Daher würde die dichte Masse der Einpackungen mindestens betragen müssen $10 - 6 = 4$, und die durchschnittliche Mischung des Betons 1 : 3 : 6 : 4 sein.

Zweites Beispiel: Wäre die Betonmischung 1 Zement, 3 Sand, 7,5 Schotter vorgeschrieben, und hätte der Schotter 47 i. H. Hohlräume, so ist der unter Zuschlag von 12,5 i. H. für Umhüllung der Schotterstücke berechnete Hohlraum:

$$7{,}5\,(0{,}47 + 0{,}125 \cdot 0{,}47) = 3{,}965 \text{ Teile,}$$

wobei als nicht durch den Mörtel gefüllter Hohlraum $3{,}965 - 2{,}25 = 1{,}72$ Teile, oder mehr als 43 i. H. des anfänglich vorhandenen Hohlraumes verbleiben.

Sollte auch der Schluß dieses Teils durch Vermehrung des Sandzusatzes erzielt werden, so würde sich der notwendige gesamte Sandanteil aus

$$(1 + x)\, 0{,}75 = 3{,}965, \text{ d. h. } x : 4{,}3$$

bestimmen und die Betonmischung dann 1 : 4,3 : 7,5 sein.

Werden Einpackungen benutzt, so berechnet sich der zu sättigende Anteil Schotter aus der Bedingung:

$$x \cdot 0{,}47 + x \cdot 0{,}47 \cdot 0{,}125 = 2{,}25 : x = 4{,}5.$$

Daher ist die dichte Masse der Einpackungen mindestens gleich $7{,}5 - 4{,}5 = 3$ und die durchschnittliche Betonmischung 1 : 3 : 4,5 : 3.

Der Benutzung sehr magerer Zementmörtel steht auch für Beton zuweilen der Umstand im Wege, daß sie sich nur schwer verarbeiten lassen. Dies gilt bereits für Zementmörtel aus 1 Zement auf 5 Teile Sand, und in erhöhtem Maße für noch stärker gemagerte Gemenge. Wenn es sich nicht um Bauten an der See handelt, können solche magere Mischungen jedoch oft benutzt und durch einen Zusatz von Kalk verarbeitungsfähig gemacht werden; am besten ist hydraulischer Kalk.

Zu Schüttungen auf beweglichem Grunde empfiehlt sich die Verwendung von rasch bindendem Zement. Dasselbe gilt für den Beton zu Schüttungen an der Seeküste für denjenigen Höhenteil, welcher der Einwirkung von Ebbe und Flut unterworfen ist.

Da die Raumverminderung, welche das Betongemenge bei Ueberführung in Betonmasse und Einstampfen zu Beton erfährt, sehr verschieden ist, ist die Aufstellung einer Regel für die Ausbeute eines Beton-

gemenges schwierig, weil hierbei die Korngröße der Füllstoffe, und vor allem der Grad des Einstampfens von wesentlichem Einfluß ist. Zwischen kräftig gestampfter und nur geschütteter oder wenig gestampfter Betonmasse können, auf den fertigen Beton bezogen, bei gleichem Gemengeverbrauch Unterschiede bis zu 25 i. H. bestehen. Die Unterschiede beim Kies sind geringer, weil die Gestalt der Hohlräume bei den natürlichen Kiesen nicht sehr voneinander abweicht und etwa 30—35 i. H. beträgt. Schotter besitzt, wenn nicht verschiedene Korngrößen miteinander gemischt werden, infolge der größeren Gleichmäßigkeit der Körner mehr Hohlräume, etwa 40—50 i. H. Der Einfluß des Stampfens auf die dichtere Lagerung und damit verbundenen Verluste an Masse ist hier aber größer. Sicherer Aufschluß über den Verbrauch an Füllstoffen und Bindemitteln kann nur durch unmittelbare Versuche gewonnen werden, wobei die beim Bauwerk anzuwendenden Mengenverhältnisse der einzelnen Stoffe und die Art des Einstampfens möglichst genau beim Versuche berücksichtigt werden müssen.

Das Mischen der einzelnen Stoffe und die Verarbeitung des Betongemenges zu Betonmasse kann entweder von Hand oder mittels geeigneter Maschinen erfolgen. Die maschinenmäßige Zubereitung verdient den Vorzug, denn sie ist erstens billiger zu bewirken und zweitens haben zahlreiche Versuche gelehrt, daß selbst die sorgfältigste Aufbereitung von Hand hinter der maschinellen zurücksteht. Festigkeitszunahmen von 25 i. H. sind bei gleichen Verhältnissen nichts seltenes. Es ist in allen Fällen, gleichgiltig, ob die Füllstoffe fein oder grob sind, stets nach einer gründlichen Durchmischung zu streben. Wesentlich ist dabei die Beschaffenheit der Bindemittel. Ist letzteres in Gestalt eines steifen Teiges vorhanden, wie bei Verwendung von Lederkalk, das ist Kalkbrei, der durch längeres Stehen in der Grube so viel Wasser verloren hat, daß ein zäher, lederharter Teig übrig bleibt, so sind andere Maßnahmen zu treffen, als bei einem pulverigen Zement. Während sich Zement infolge seiner schiefrigen, körnigen Beschaffenheit leicht mit den Füllstoffen mischen läßt, verlangt der Kalkteig größere Kraftanstrengungen, weil die einzelnen Kalkteilchen mit großer Zähigkeit aneinander haften bleiben. Zur Umgehung dieser Schwierigkeit hat sich der Brauch herausgebildet, den Kalkbrei nicht länger als unbedingt notwendig in den Löschgruben zu lassen, damit die Zähigkeit, welche dem innigen Mischen großen Widerstand leistet, nicht zu groß wird. Ein gutes Durchmischen des Kalkbreies mit den Füllstoffen ist erfahrungsgemäß am leichtesten zu erzielen, wenn in den Löschpfannen der Kalkbrei durch entsprechenden Wasserzusatz gleichmäßig zu einem dünnen Brei verrührt wird, in welchen die Füllstoffe eingetragen werden.

## Handmischung.

In vielen Fällen wird man genötigt sein, die Mischung der einzelnen zur Betonbereitung erforderlichen Stoffe mit der Hand herzustellen. Als

Grundsatz muß man dabei festhalten, daß, je inniger die Mischung der einzelnen Stoffe im Betongemenge erfolgt, desto besser die Wirksamkeit des Verkittungsmittels zum Ausdruck gelangt. Man muß daher bestrebt sein, ein möglichst inniges Gemenge bei geringstem Arbeits- und Zeitaufwand zu erzielen.

Die Mischung des Gemenges mit der Hand erfolgt auf einer dichten Unterlage. Sind Arbeiten an wechselnden Plätzen zu erledigen, so wählt man einen gut genuteten Bohlenboden nicht unter 4 cm Stärke. Zur größeren Haltbarkeit ist ein Beschlagen mit Eisenblech empfohlen worden; doch bin ich kein Freund hiervon, weil die Blechkanten den zum Mischen benutzten Schaufeln leicht Widerstand bieten. Böden von 2 m Breite und 2 m Länge sind recht handlich. Bei ständigem Arbeitsplatz ist ein guter Betonestrich vorzuziehen. Gewöhnlich werden auf der Unterlage zunächst die gröbsten Füllstoffe in abgemessenen Mengen gleichmäßig ausgebreitet. Ueber diese Schicht kommt eine Schicht des nächst feineren Füllstoffes, des Sandes oder Kieses und dann der Mörtelbildner. Die Ansichten, wie hoch die Haufen gehalten werden sollen, gehen sehr auseinander. Verfasser hat gefunden, daß das Mischen Schwierigkeit bereitet, sobald die Gesamthöhe des Haufens 25 cm überschreitet. Das übliche Messen der Zuschläge mit Schiebkarren von bestimmtem Rauminhalt kann nicht gutgeheißen werden, weil es zu sehr von Zufälligkeiten abhängt, ob die Kasten regelrecht gefüllt werden. Besser ist es, das Abmessen auf dem Arbeitsboden oder der Arbeitsbühne mittels Lehrkastens zu besorgen. Es sind dies boden- und deckellose aufeinanderzustellende Kästen mit etwas geneigten Seitenwänden von verschiedener Höhe; die Länge des untersten Kastens beträgt oben 1,30 cm, unten 1,50 cm; die Breite oben 1,20 m, unten 1 m Zum bequemen Anfassen sind die überstehenden Längswände zu Ohren ausgestaltet. Je nach den Mengenverhältnissen sind die Lehrkasten in der Höhe verschieden, damit jeder Kastenteil einem bestimmten Rauminhalt entspricht. Der größte Lehrkasten wird auf die Pritsche gestellt und mit Kies oder Steinschlag bis zum Rande gefüllt. Dann wird der zweite niedrigere Kasten darübergestellt, mit Sand gefüllt und in gleichmäßiger Stärke der Zement übergebreitet. Nachdem die Lehrkästen abgehoben sind, wird mit dem Durchschaufeln begonnen. Zu dem Zweck stellen sich zwei Leute, am besten einer rechts und einer links an die Breitseite des Haufens, und schaufeln das Gemenge nach einer Seite der Arbeitsbühne zu um. Wenn der Haufen umgeschaufelt ist, wechseln die beiden Leute ihre Plätze und schaufeln den Haufen rückwärts um. Das Umschaufeln muß so oft erfolgen, bis eine gleichmäßig dunkel gefärbte Masse ohne jeden helleren Streifen entstanden ist. Dann wird mittels einer Brause die entsprechende Wassermenge zugegeben und nochmals umgeschaufelt.

Die Zuschlag- oder Füllstoffe sollen mit Wasser gesättigt sein, ohne an der Oberfläche eine Wasserschicht zu zeigen. Besonders wichtig ist

das Sättigen der Füllstoffe bei der Verwendung von Ziegelbrocken, wobei ein Besprengen vor dem Verbrauch vorteilhaft ist, und es richtet sich die Häufigkeit des Begießens nach der mehr oder minder großen Porosität und nach dem Wetter. Besonders leicht trocknen die Ziegelbrocken bei windigem Wetter aus. Sonnenschein übt lange nicht die große Trockenwirkung aus als scharfer Wind. Wenn ausgetrocknete Ziegelbrocken verwendet werden, saugen diese mit großer Begierde das zum Annetzen benutzte Wasser auf, und es kann leicht vorkommen, daß man dann zu trockene Betonmasse erhält.

Das eben geschilderte Mischverfahren hat aber gewisse Nachteile, weil ein Teil des Sand- und Zementgemisches zwischen die Hohlräume des Steinschlages oder des Kieses rinnt, sodaß man niemals ein genaues Maß erhält. Verfasser zieht deshalb vor, beim Handmischen folgendermaßen zu verfahren:

Die miteinander zu mischenden Stoffe werden am zweckmäßigsten in mit Lehrkasten abgemessenen Raummengen nebeneinander am Rande der Tafel aufgeschüttet. Nun wird gleichzeitig mit der Schaufel von jedem Haufen eine bestimmte Menge in die Mitte der Tafel geworfen, wobei es zweckmäßig ist, die damit betrauten Arbeiter mit Schaufeln verschiedener Größe zu versehen, sodaß annähernd die jeweilige Schaufelgröße dem ungefähren Mischungsverhältnisse des Ganzen entspricht. Man wird also für den Steinschlag zweckmäßig eine ziemlich große Koksschaufel wählen, für den Sand oder Kies, über den die abgemessene Menge Zement in gleichmäßiger Schicht vorher ausgebreitet wurde, eine etwas kleinere Sandschaufel. Es ist dabei darauf zu achten, daß die einzelnen Schaufelladungen möglichst gleichzeitig auf dem Mischbrett zur Lagerung gelangen, sodaß schon sozusagen während des Fallens durch die Luft die einzelnen Stoffe miteinander in Berührung kommen. Ein dritter Arbeiter ist gleichzeitig damit beschäftigt, mit einem möglichst großen Rechen den in Bildung begriffenen Haufen auf der Mischtafel sofort auseinander zu ziehen. Durch dieses Auseinanderziehen des Haufens wird von vornherein schon eine bessere Mischung erzielt, weil die Zinken des Rechens nur immer einen Teil der Stoffe mit sich nehmen. Wenn auf diese Weise das Ganze auf der Mischtafel aufgehäuft ist, schaufeln zwei Arbeiter das Gemenge trocken durch, wobei in der gleichen Weise verfahren wird wie schon beschrieben. Auf das Durchschaufeln muß große Aufmerksamkeit verwendet werden. In der Regel genügt ein dreimaliges Umwerfen, um ein gleichmäßig aussehendes Gemenge zu erzielen. Man sucht beim letzten Umwerfen aus dem Gemenge einen möglichst gleichmäßigen Haufen von rechteckigem Grundriß zu erzielen, dessen Oberfläche gut geebnet wird.

Um das notwendige Wasser beizugeben und im Betongemenge gleichmäßig zu verteilen, mißt man die vorher bestimmte Wassermenge am besten in einer Gießkanne mit Brause ab, überbraust den Haufen damit möglichst gleichmäßig, worauf sofort ein weiteres Durcharbeiten

der Betonmasse erfolgen muß, sodaß der Feuchtigkeitsgehalt derselben überall möglichst gleichmäßig ist. Zum Durcharbeiten benutzt man am besten in diesem Fall eine Hacke, die ein Arbeiter handhabt, während die anderen mit der Schaufel arbeiten.

Das früher mehr gebräuchliche Verfahren, das Betongemenge als runden, nach allen Seiten gleichmäßig abfallenden Haufen aufzuschütten, oben in diesen Haufen eine Höhlung hineinzuarbeiten und das Wasser in diese Höhlung hineinzugießen, ist für das Gelingen des Werkes weniger vorteilhaft, weil hierbei die Nässung des Haufens lange nicht so gleichmäßig erfolgt, als beim Ueberbrausen mit der Gießkanne. Die Leitsätze des Deutschen Betonvereins geben folgende Anleitung:

„Das Mischen des Betongemenges muß derart erfolgen, daß die Menge der einzelnen Bestandteile jederzeit festgestellt werden kann.

Sofern die Messung des Zementes nach Raumteilen erfolgt, gilt als Voraussetzung, daß der Zement ohne Fall in das Maßgefäß eingeschüttet (nicht eingerüttelt) wird.

Zum Umrechnen von Raumteilen auf Gewichtsteile ist der Kubikmeter Portlandzement zu 1400 kg anzunehmen.

Bei Benutzung von Maßgefäßen muß die Füllung in stets gleicher Weise bewirkt werden, damit die Massen möglichst immer dieselbe Dichtigkeit der Lagerung in den Gefäßen annehmen.

Kiessand und gemischter Steinschlag können in vielen Fällen in ungetrenntem Zustand bearbeitet werden. Es muß dann durch Siebproben bestimmt werden, in welchem Verhältnis zu einander Sand und Kies bezw. Steinschlag in dem Kiessand oder gemischten Steinschlag vorhanden sind. Gegebenenfalls ist durch entsprechenden Zusatz von Sand oder Kies bezw. Steinschlag das vorgesehene Mischungsverhältnis herzustellen.

Bei Herstellung von Beton, welcher zu statisch hoch beanspruchten Bauten verwendet werden soll, oder bei einem in der Zusammensetzung sehr wechselnden Kiessand wird im Einzelfalle zu entscheiden sein, ob die vollständige Trennung in Sand und Kies notwendig erscheint. Die Verarbeitung des Kiessandes in ungetrenntem Zustande ist das wirtschaftlichere Verfahren und in den meisten Fällen zulässig Die vollständige Trennung des Kiessandes mittels Durchsieben in Sand und Kies und die Herstellung des Betongemenges nach den im Mischungsverhältnis vorgesehenen Anteilen gewährleistet jedoch allein volle Gleichmäßigkeit des Gemenges und erleichtert die Prüfung."

Um das eben Gesagte noch einmal kurz zusammen zu fassen, muß man beim Mischen nach folgenden Regeln verfahren:

Bei Handmischung ist die Betonmasse auf einer gut gelagerten, kräftigen, dicht schließenden Pritsche oder auf sonst ebener, nicht Wasser absaugender und fester Unterlage herzustellen. Zunächst sind Sand bezw. Kiessand und Zement trocken zu mischen, bis sie ein gleichfarbiges

Gemenge ergeben, dann erst ist der vorher je nach Bedarf angenetzte Zuschlag (Kies, Steinschlag) zuzusetzen und das Gemenge mit dem zugegebenen Wasser so lange weiter zu mischen, bis eine gleichmäßig feuchte Masse entsteht. Die Mischdauer kann sowohl bei Handbeton als Maschinenbeton dann als ausreichend angesehen werden, wenn die Steine allseitig mit innig gemischtem Mörtel umhüllt sind.

Die Mischdauer spielt hierbei natürlich ebenfalls eine große Rolle. Man darf also, wenn auch schnelle Bereitung des Zementmörtels und Betons ein Erfordernis der besonderen Eigenschaften desselben ist, die Schnelligkeit der Bereitung doch keinesfalls auf Kosten unvollkommener Mischung erzielen.

### Maschinenmischung.

Die Mischung mit Maschinen verdient unter allen Umständen den Vorzug vor der Handmischung. Die Gründe dafür sind leicht einzusehen. Die Mischung mit Anwendung von Maschinen ist bei weniger Geldaufwand viel inniger und gleichmäßiger, als bei der Handmischung, weil man hierbei nicht von der Geschicklichkeit, dem Fleiß und der Gewissenhaftigkeit der Arbeiter abhängig ist, und zweitens ist es selbst bei sorgfältigster Handmischung bei gleichem Kostenaufwand nicht möglich, die einzelnen Stoffe so innig zu mischen, wie es die Maschine spielend erreicht. Da aber die Innigkeit der Mischung, wie bereits gezeigt wurde, von großem Einfluß auf die Festigkeit des Betons ist, und man bei Maschinenmischung mit einer mageren Betonmasse häufig größere Festigkeiten erzielt als bei fetterer Mischung, die von Hand hergestellt wurde, ist es aus rein wirtschaftlichen Gründen stets zu empfehlen, überall, wo es irgend angeht, Betonmischmaschinen anzuwenden. Außerdem von Belang ist ferner, daß die Maschine in gleicher Zeit viel mehr mischt, als es selbst geübten Leuten mit der Hand zu mischen möglich ist.

Die Entwickelung der Betonindustrie hat auf den Bau von Betonmischmaschinen in hohem Maße befruchtend eingewirkt. Schon heute haben wir eine große Reihe vorzüglicher Mischmaschinen, die, wenn auch nach verschiedenen Grundsätzen erbaut, alle ihrem Zweck, auf billige Weise und mit den verschiedensten Stoffen eine gute Betonmasse zu erzielen, bei geringstem Kraft- und Zeitaufwand genügen. Die Maschine wird ohne weiteres über die Handmischung Siegerin bleiben, wenn es sich um die Bewältigung großer Mengen handelt, aber auch bei kleineren Mengen ist Maschinenarbeit am Platze, weil hierzu Maschinen erbaut werden, welche nur geringe Anschaffungskosten erforden, durch Menschenkraft bedient werden und gute, innige Mischungen ergeben.

Einen Uebergang von der Handmischung zu den eigentlichen Mischmaschinen bilden die Freifallmischer, welche zu ihrem Betrieb keinerlei Kraft erfordern, weil das Mischgut sich, wie schon der Name besagt, durch freien Fall mischt. Diese Vorrichtungen erfreuen sich großer Be-

liebtheit und sie sind besonders dort am Platze, wo die Betonmasse in Baugruben verwendet wird. Hierbei würden also zunächst alle Gründungsarbeiten und weiter Kanalisationsarbeiten in erster Linie in Betracht kommen. Wenn auch bei den Freifallmischern im allgemeinen eine gute Mischung erzielt werden kann, so sind sie doch alle mehr oder weniger in ihrer Wirkung von dem guten Willen und der Aufmerksamkeit der sie bedienenden Arbeiter abhängig, was immerhin als ein Nachteil gegenüber den eigentlichen Betonmischmaschinen zu betrachten ist, welche zu ihrer Bedienung keine besondere Aufmerksamkeit erfordern.

Die Wahl der Mischmaschine wird in erster Linie davon abhängen, ob es sich darum handelt, Grob- oder Feinmörtel herzustellen, und als zweite Frage wird in Betracht kommen, welche Leistungen von der Maschine verlangt werden. Handelt es sich beispielsweise um die Herstellung von Fußbodenplatten, Röhren, Viehkrippen, Trögen, Zementmauersteinen, welche man in der Regel in der Werkstatt oder auf festen Werkplätzen anfertigt, so wird hierbei meistens eine feinere Betonmasse zur Anwendung gelangen. Man wird in diesem Falle gut tun, eine Maschine zu wählen, welche ortsfest an einer bestimmten, bequem gelegenen Stelle aufgestellt wird. Wesentlich andere Umstände kommen aber in Betracht, wenn es sich um Arbeiten auf der Baustelle handelt, hierbei wird man, insbesondere, wenn große Mengen Beton herzustellen sind, besser tun, eine Maschine auszuwählen, welche man leicht von einem Ort zum andern bringen kann. Bei Fertigstellung von Betonkanälen in der Baugrube wird die Frage der leichten Beweglichkeit und der leichten Ortsveränderung der Mischmaschine sogar für die Wahl derselben von ausschlaggebender Bedeutung sein, denn bei den langen, verhältnismäßig schmalen Baugruben, welche beim Kanalbau in Frage kommen, ist die Beförderungsfrage der Betonmasse von großer Bedeutung, umsomehr, als die fertig gemischte Betonmasse bekanntlich nicht lange aufbewahrt werden kann, sondern möglichst sofort verarbeitet werden muß. Wenn man aber die von der Maschine gemischte Betonmasse erst weite Strecken zu befördern hat, so geht dabei viel Zeit verloren und die Erhärtungsfähigkeit des Mörtels wird beeinträchtigt.

Die Maschinen zur Mischung des groben Betongemenges müssen natürlich etwas anders eingerichtet sein, als wenn es sich um die Mischung von feinem Gemenge handelt. Es gibt nur wenige Betonmischmaschinen, welche sowohl grobes als auch feines Betongemenge gleich gut mischen, und es ist deshalb notwendig, daß man unter der großen Zahl guter Maschinen diejenige auswählt, welche für die eigenen Zwecke am vorteilhaftesten erscheint.

Die Freifallmischer, von denen schon die Rede gewesen ist, eignen sich im allgemeinen gleich gut für das Mischen von Grob- und Feinmörtel, aber es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß sie in ihrer Wirkung sehr von der Tüchtigkeit der sie bedienenden Arbeiter abhängig sind.

Außerdem können sie natürlich nur dort mit Vorteil zur Anwendung kommen, wo die Betonmasse in der Baugrube zur Verwendung gelangt, denn wenn man die Zuschlagstoffe und die Bindemittel erst vom Erdboden mehrere Meter in die Höhe heben muß, um sie in den Freifallmischer einbringen zu können, so ist es selbstverständlich, daß das Heben einer so großen Masse viel Geld kostet, was die allgemeine Verwendung dieser Vorrichtungen sehr einschränkt.

Für das Mischen feineren Betons, wie es hauptsächlich für die Herstellung von Einzelteilen, wie Röhren, Platten und dergleichen benutzt wird, eignen sich am besten die Mischtröge, auch Trogmischmaschinen genannt. Diese Maschinen bestehen in der Hauptsache aus einem trogartigen Gehäuse aus Blech mit halbrundem Boden, in welchem eine oder mehrere Wellen wagerecht gelagert sind, die Mischschaufeln oder Mischarme tragen. Diese Schaufeln oder Arme mischen die Rohstoffe beim Drehen der Welle durcheinander. In der Regel werden solche Maschinen nur für kleinere Leistungen gebaut, meistens sind sie für Handbetrieb eingerichtet. Versuche, die Trogmischmaschine für grobe Stoffe einzurichten, haben nur geringen Erfolg gehabt. Wenn zu grobe Stoffe in solcher Maschine zur Mischung gelangen, so ist es fast unausbleiblich, daß sich einzelne Steine zwischen den Enden der Mischarme oder der Schaufeln und der Trogwandung festklemmen und damit zu Brüchen Veranlassung geben. Außerdem ist der Verschleiß bei den Trogmaschinen immer sehr stark, und sie erfordern in Rücksicht auf ihre Leistungen verhältnismäßig viel Kraft.

Eine gute Mischmaschine ist der Kollergang, welcher zu Betonmischzwecken eine etwas abgeänderte Form enthält. Bei der Verarbeitung durch den Kollergang (siehe Bild 7, Seite 31) wird vermöge der knetenden Wirkung der Kollerläufer ein gutes Durcharbeiten des Gemenges bewirkt, und diese Eigenschaft macht den Kollergang als Mischmaschine sehr brauchbar. Man darf aber dabei nicht vergessen, daß der Kollergang seinem ganzen Wesen nach eigentlich eine Zerkleinerungsmaschine ist, und daß er für die Aufbereitung und Durchmischung von grobem Mörtel nicht geeignet ist, weil die Läufer die gröberen Füllstoffe beim Darüberrollen zerkleinern.

Die vollkommensten Mischmaschinen sind die Trommelmischer, die in der verschiedensten Ausführung und Größe gebaut werden. Das Wesen der Trommelmischer besteht darin, daß das Mischgut durch einen Trichter in eine sich drehende Trommel gelangt, die in der Innenseite mit schaufelartigen Blechen versehen ist, die bei manchen Ausführungen schraubengangartig angeordnet sind. Hierbei wird ein Teil des Mischgutes beim Drehen der Trommel in die Höhe genommen und fällt dann bei weiterer Drehung wieder in den unteren Teil der Trommel zurück. Hierdurch werden die Stoffe miteinander innig gemischt und man kann wohl sagen, daß die Trommelmischmaschine sowohl in bezug auf ihre

Leistungsfähigkeit als auch in bezug auf ihren Kraftverbrauch, die beste Mischmaschine der Gegenwart ist. Von anderen Mischmaschinen zeichnen sich die Trommelmischer auch dadurch aus, daß sie in der Regel grobes und feines Mischgut gleichmäßig gut verarbeiten, was, wie wir gesehen haben, nicht bei allen Mischmaschinen der Fall ist.

Der Bau der Trommelmischmaschinen ist heute zu großer Vollkommenheit gediehen. Man versieht diese Maschinen gewöhnlich mit Meßeinrichtungen und allen Vorrichtungen, die die menschliche Arbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen geeignet sind, insbesondere mit Beschickungs- und Hebevorrichtungen für die Betonstoffe. Von einer guten Betonmischmaschine kann man heute mit Recht verlangen, daß sie eine durchaus gleichartige Betonmasse liefert, wobei ihre Bedienung sich darauf beschränken muß, daß die Meßgefäße vom Arbeiter gefüllt werden und der Wasserzusatz geregelt wird. Die Maschine muss möglichst einfach und die einzelnen Teile leicht auswechselbar sein, falls durch den Verschleiß Ersatz einzelner Teile notwendig wird.

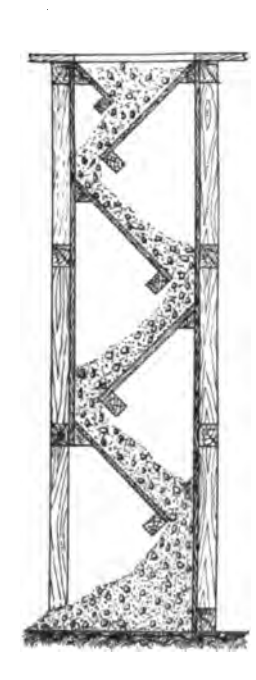


Bild 40. Freifallmischer aus Holzbrettern.

Man stellt heut Trommelmischanlagen von sehr großer Leistungsfähigkeit her, die ortsbeweglich auf Fahrgestellen angeordnet sind. Die Triebkraft wird entweder durch eine Lokomobile oder durch elektrische Kraft geliefert. In neuester Zeit hat man auch als Kraftmaschinen Spiritus-, Benzin- oder Gasmotoren verwendet. Hierbei werden die Kraftmaschinen gewöhnlich in einem besonderen staubdichten Abteil auf dem Fahrgestell des Trommelmischers untergebracht. Diese Anordnung erfreut sich großer Beliebtheit, weil die ganze Mischanlage viel leichter ihren Standort wechseln kann, als beim Lokomobilbetrieb.

Freifallmischer. Der einfachste Freifallmischer besteht aus einem aus Holz hergestellten Schachte, in welchem sich schräg zu einander gelagerte Bretterböden befinden, welche das oben hineingeworfene Mischgut durch Rutschen nach unten befördern (Bild 40). Durch das Uebereinanderstürzen an den Scheitelpunkten der im Winkel zu einander angebrachten Rutschböden soll eine innige Mischung der einzelnen Stoffe miteinander erzielt werden. Es ist indessen klar, daß bei den verschiedenen spezifischen Gewichten, welche die einzelnen Stoffe des Betongemenges haben, auch eine ungleiche Fallgeschwindigkeit derselben vorhanden ist und daher von einer sorgfältigen Durchmischung nicht viel die Rede sein kann, weswegen man gut tut, den sich am Fuß ansammelnden Haufen noch mehrere Male tüch-

tig durchzuschaufeln, bevor er an der Verwendungsstelle zur Verarbeitung gelangt. Um das Wasser dem Gemenge zuzuführen, ist oben ein Wasserleitungsrohr bei der Einfüllöffnung angebracht. Den Wasserzufluß regelt man durch einen Hahn. Man muß darauf achten, nicht zuviel Wasser zulaufen zu lassen. Je trockener das Gemenge durch den Mischer geht, desto besser wird die Mischung.

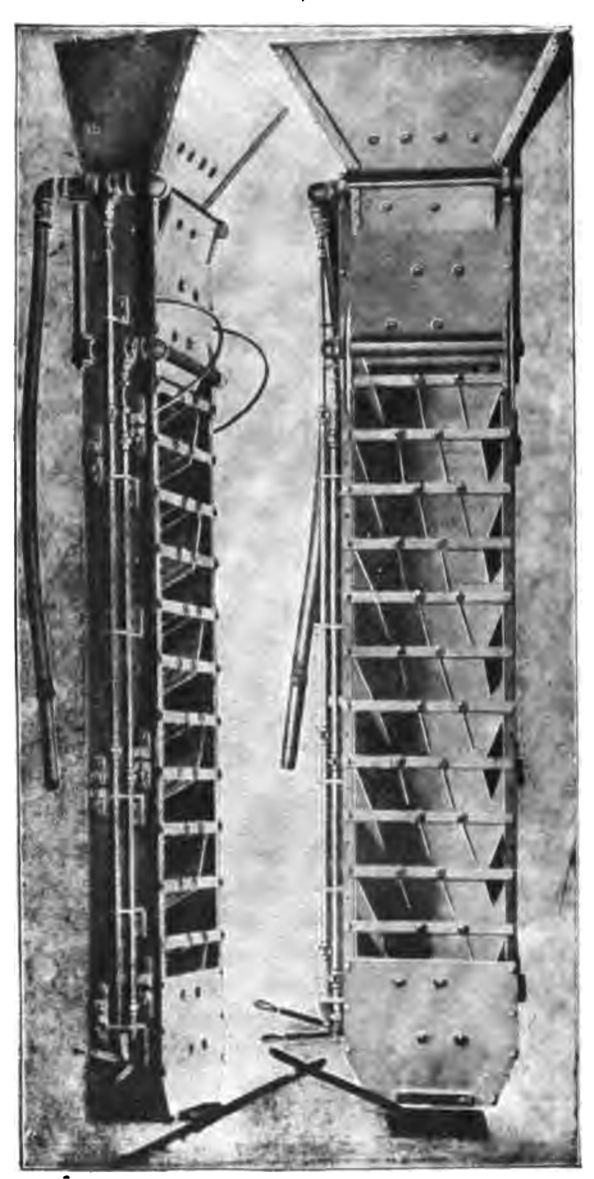


Bild 41. Gilbrethmischer.

Wesentlich besser ist der in den letzten Jahren häufig angewendete Mischer von Gilbreth, welcher durch das D. R. P. 107361 geschützt ist. Derselbe zeichnet sich durch Einfachheit und Haltbarkeit aus. Er ist besonders dort am Platze, wo die Aufstellung zwecks Beschikkung häufig wechseln muß. Der Mischer besteht, wie aus dem Bild 41 ersichtlich ist, aus einer etwa 4—5 m langen Rinne, welche oben mit einem Einschütt-Trichter versehen ist. Diese Rinne ist im Innern mit zahlreichen Stahlbolzen versehen, etwa in der Weise, wie dieses Bild 42 zeigt. Der Gilbreth-sche Betonmischer wird in schräger Richtung in der Baugrube aufgestellt und das Mischgut oben in den Schütttrichter eingeschüttet, wobei dasselbe sich beim Hinuntergleiten vermöge der schon oben erwähnten zahlreichen Bolzen, welche in das Innere des Troges hineinreichen, innig mischt, sodaß am unteren Ende der durch eine Sperrtüre verschlossenen Rinne das fertige Betongemenge erscheint. Der Betonmischer ist mit einer Bewässerungseinrichtung versehen, deren Wasserzufluß von unten aus regelbar ist, sodaß man jederzeit imstande ist, die Betonmasse je nach Bedarf mit mehr

oder weniger Wasser anzunetzen und dadurch leicht jede gewünschte Mörtelsteifheit zu erzielen.

Der Mischer soll derartig aufgestellt werden, daß die untere Kante etwa 1,20 bis 1,30 m von der senkrechten entfernt ist, welche von dem oberen Ende gefällt wird. Auf eine regelmäßige Fortnahme des gemischten Mörtels muß geachtet werden. Sollte eine Verstopfung der Vorrichtung eintreten, so muß der Arbeiter, der mit der Regelung des Wasserzuflusses betraut ist, die Masse mit einem eisernen Stocher entfernen und die Rinne wieder freimachen. Das Mischen erfolgt hier im wesentlichen dadurch, daß das Gemenge beim Fallen durch die Stifte aufgehalten und durcheinander geworfen wird. Ein mehr oder minder langes Verbleibenlassen der Betonmasse in der Maschine ist unmöglich. Die Mischungsdauer hängt von der Länge des Freifallmischers ab, sodaß seine Verwendung nur bei sehr tiefen Baugruben Berechtigung hat.

Mischtröge. Einen wesentlichen Fortschritt gegenüber den Freifallmischern bilden die Mischtröge, auch Trogmischmaschinen genannt. Bei dieser Art von Maschinen werfen an einer drehbaren Welle befestigte Mischarme das Gemenge durcheinander. Die Innigkeit der Mischung wird hierbei umsomehr gefördert, je längere Zeit die Welle in Drehung versetzt wird.

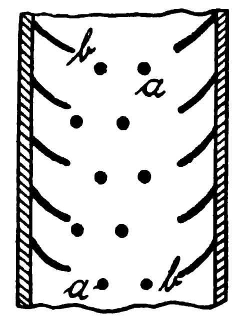


Bild 42.

Die Trogmischmaschinen weichen in ihrer Bauart nach vier verschiedenen Punkten voneinander ab:

a) durch die Lagerung und Gestalt des Troges,
b) durch die Ausgestaltung der Mischflügel,
c) Zuführung der Stoffe,
d) Art der Entleerung der Stoffe.

Bezüglich Lagerung und Form des Mischtroges kennen wir Maschinen mit wagerecht, schräg geneigt liegenden und senkrecht stehenden Trögen. Bei den wagerecht und schräg geneigt liegenden Trögen gleicht die Form des Troges gewöhnlich einem halben Zilinder, während bei den senkrecht stehenden Trögen die volle Zilinderform üblich ist. Die wagerecht oder nahezu wagerecht liegenden Tröge haben den Vorteil, daß sie eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Betongemenges schon beim Einbringen gestatten. Um ein gründlicheres Durchmischen zu ermöglichen, sind die Mischarme meistens messerförmig ausgebildet und außerdem in schräger Richtung zu der Drehebene der Mischwelle angebracht, wodurch erreicht wird, daß die Gemengestoffe nicht nur durcheinander gerührt, sondern auch seitlich gegeneinander verschoben werden. Hierbei hat man es in der Hand, die Schräge der Messer so einzustellen, daß das Mischgut eine hin- und hergehende Bewegung im Troge vollführt, indem man einen Teil der Mischmesser um 90 Grad mit der Schneide versetzt. Die schräg geneigten Mischtröge bezwecken, daß das Gemenge

sich durch sein eigenes Gewicht nach und nach dem einen Ende des Troges zu bewegt.

Die aufrecht stehenden zilinderförmigen Mischtröge tragen senkrecht stehende Mischwellen, an denen ganz ähnlich, wie bei den vorher beschriebenen, Mischarme oder Mischflügel befestigt sind. Auch hier wird durch die Schrägstellung der Flügel eine knetende Bewegung der einzelnen Gemengteile erzielt und die Masse dabei am Boden des Troges zusammengepreßt, was nur günstig wirken kann.

Ihrer äußeren Gestalt nach haben die Mischflügel sehr verschiedene Formen. Bei einigen Ausführungsarten nähern sie sich in ihrer Form

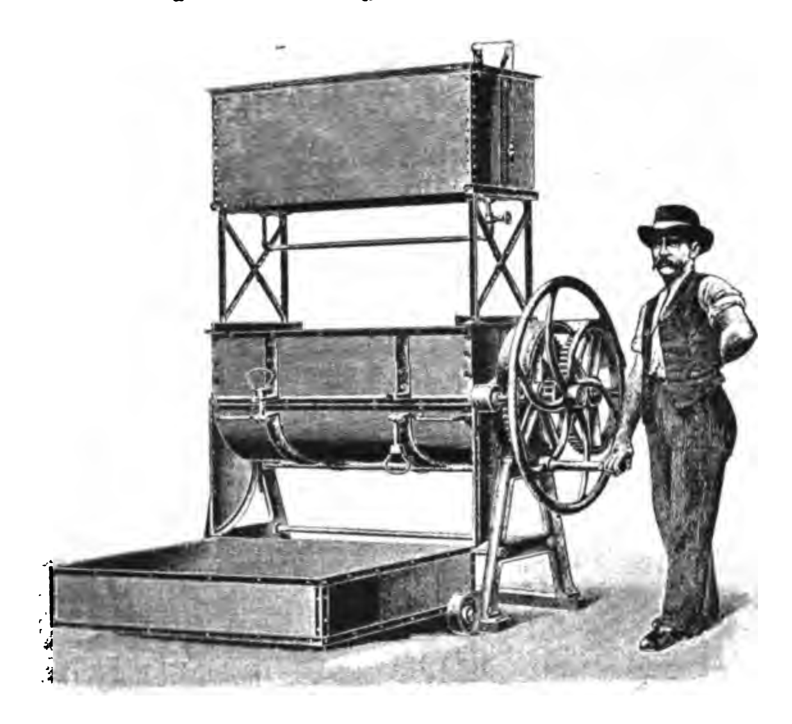


Bild 48. Trogmischmaschine, Bauart Tietze.

mehr einem Messer, bei anderen Ausführungen sind sie zu einem teilweisen Schraubengang ausgebildet. Die Form der Mischflügel hat einen großen Einfluß auf die Innigkeit der Mischung.

Die Zuführung des Wassers erfolgt bei manchen Maschinen sofort nach dem Einbringen des Gemenges. Besser ist es aber, das Wasser erst dann dem Gemenge zuzuführen, wenn es erst einige Zeit hindurch trocken gemischt wurde. Wir haben die Gründe, die dafür sprechen, das Gemenge zunächst trocken zu mischen, bereits auf Seite 84 angeführt.

Das Entleeren der Trogmaschinen erfolgt entweder dadurch, daß man am Boden des Troges eine Oeffnung vorsieht, die durch eine Klappe geschlossen werden kann, sodaß nach Beendigung der Mischungsarbeit

die Oeffnung frei gegeben wird, und die Betonmasse in untergestellte Gefäße fällt, oder aber man schwingt oder kippt den ganzen Trog um seine Achse, wie bei den Kipptrogmaschinen, durch geeignete Vorrichtungen um, sodaß die obere offene Seite nach unten zu liegen kommt. Dies Verfahren ist natürlich nur bei wagerecht oder nahezu wagerecht liegenden Trögen anwendbar.



**Bild 44. Trogmischer nach Gauhe & Gockel.**

Die im Bild 43 (Bauart Tietze) dargestellte Maschine, die sich vorzüglich zum Mischen mit Handbetrieb eignet, besteht im Wesentlichen aus einem wagerecht gelagerten Eisenblechtroge, welcher oben offen ist. Durch die Mitte desselben geht in der Längsrichtung eine mit Schaufeln versehene eiserne Welle, welche die in den Trog hineingeschüttete Mischmasse kräftig durcheinander arbeitet. Der Masse wird im gegebenen Augenblick, nachdem ein Trockenmischen stattgefunden hat, durch das über dem Trog befindliche Wasserrohr Wasser zugeführt. Das Wasser fließt aus einem oberhalb der Maschine angebrachten eisernen Wasserbehälter in den Trog. Der Wasserkasten ist mit einem Wasserstandsrohr zum Abmessen des Wassers versehen, um gleichmässige Wassermengen zuführen zu können. Ist die Masse genügend durchgearbeitet, so wird ein Teil des Bodens aufgeklappt und die fertige Betonmasse fällt in den darunter befindlichen eisernen Mörtelkasten, welcher zur bequemen Beförderung mit kräftigen Rädern versehen ist.

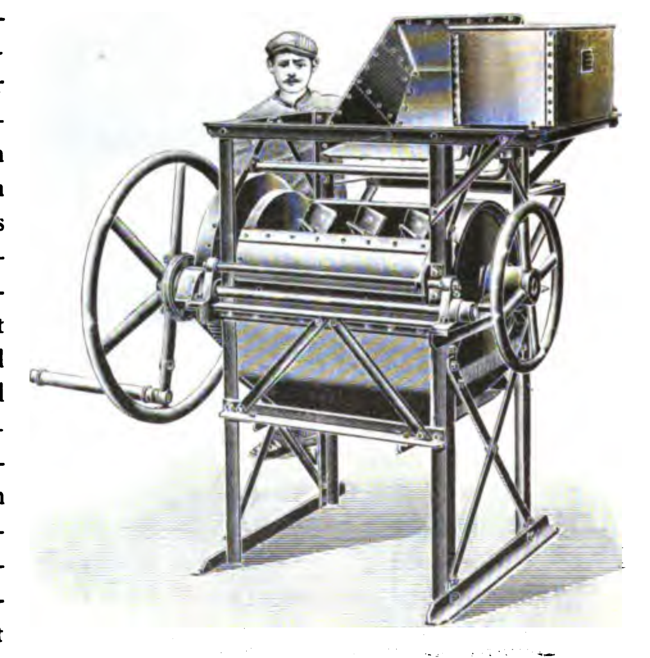


Bild 45. Kipptrogmaschine.

Der Trogmischer, Bauart Gauhe, Gockel & Co., hat einen schrägliegenden Trog, an dessen oberem Ende das Betongemenge angefüllt wird; er eignet sich zum Mischen von Zementmörtel mit feinem Kieszusatz, besonders für kleinere Betriebe. Unser Bild 44 stellt eine Trog-

mischmaschine für Hand- und Riemenbetrieb, sowie für unmittelbaren Antrieb durch schnellaufende Motore dar. Die Form des Troges verhindert ein Festsetzen der Betonstoffe, der Durchgang durch die Mischflügel erfolgt leicht und rasch, obwohl die Spindel eine große Anzahl von Mischflügeln besitzt, die auf die einfachste Art hergestellt und angebracht bezw ersetzt werden können Die Spindel hat am oberen Ende doppelte Lagerung, sodaß kein Mischgut bis zu dem Hauptlager dringen kann. Das Wasser wird durch ein Rohr mit vielen Oeffnungen zugeführt.

Eine Kipptrog-Mischmaschine ist im Bild 45 dargestellt; sie eignet sich ebenfalls für Hand- und Riemenbetrieb, sowie für unmittelbaren Antrieb durch schnellaufende Motore. Der oben offene Trog, während des Mischens festgestellt, wird mittels Handrades mit der Oeffnnng nach unten gedreht, wenn er entleert werden soll. Die Mischflügel, deren Ersatz nur geringe Kosten verursacht, sind konisch in die Achse eingetrieben und mit leicht lösbaren Ansätzen versehen. Der Wasserzusatz erfolgt durch ein über der Trogöffnung liegendes, mit einer großen Anzahl Löchern versehenes Rohr. Die kleineren Kipptrogmischmaschinen besitzen einen Einfüllkasten mit Handgriff, die großen einen solchen mit mechanischer Vorrichtung zum leichten Entleeren, die größten ein Hebewerk.

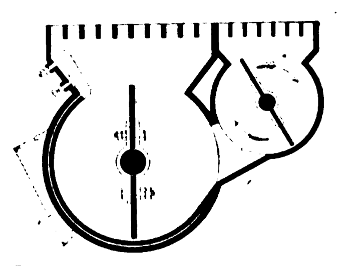


Bild 46. Mischmaschine. Bauart Schlickeysen (Querschnitt).

In den Bildern 46 und 47 ist eine andere Art von Trogmischmaschinen dargestellt. Bei dieser gelangen die zu mischenden Mörtelstoffe zunächst in einen kleinen Zilinder, werden dort durch Mischschaufeln durchgeknetet, nach einer Richtung hin vorwärtsgeschoben und treten dann in einen größeren Zilinder, wo sie wiederum durch Mischschaufeln mit entgegengesetzter Drehung innig durcheinander gemischt und gleichzeitig durch die schräge Stellung der Schaufeln nach dem am Ende des Zilinders befindlichen Ausgange der Betonmischmaschine geschafft werden. Die Maschine liefert in einer Stunde bei Anwendung von unge-

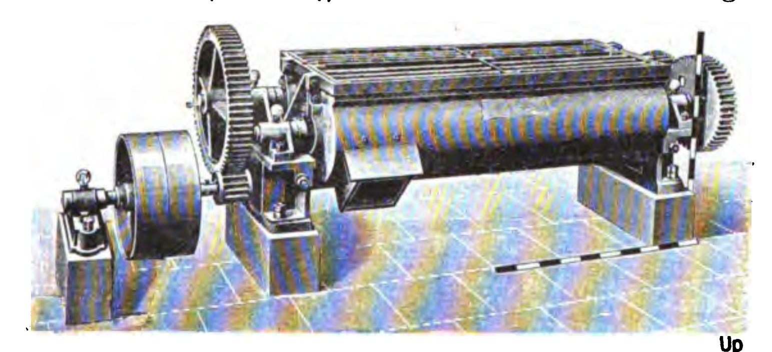



Bild 47. Ansicht der Mischmaschine, Bauart Schlickeysen.

fähr sieben Pferdekräften bis 18 cbm Betonmasse. Der Hersteller dieser Maschine legt hierbei Wert darauf, daß durch die Flügelmesser die Gemengeteile gezwungen werden, sich innig miteinander zu vermischen, was bei freiem Fall der Mörtelteile natürlich weniger der Fall ist.

Die in Bild 48 dargestellte Maschine ist auf einem Fahrgestell gelagert und kann also leicht ihren Standpunkt nach Bedarf wechseln. Auch hier ist der Grundsatz der Knetung der Stoffe innegehalten.



Bild 48. Fahrbare Mischmaschine.

Die Knetung erfolgt, wie bei der vorstehend beschriebenen Maschine, durch zwei nebeneinander liegende, mit Rührarmen versehene und sich in entgegengesetzter Richtung drehende Wellen. Die Rührarme tragen an ihrem Ende bewegliche, verstellbare Schaufeln. Es wird hierdurch erreicht, daß während des Mischens das Mischgut in bestimmten Mengen hochgehoben wird, wodurch eine innige Vermengung während des Knetens erzielt wird.

Das nachstehende Bild 49 gibt eine Anschauung der Wirkungsweise der Mischwellen.

Die Entleerung der Mischtrommel wird in folgender Weise bewirkt.

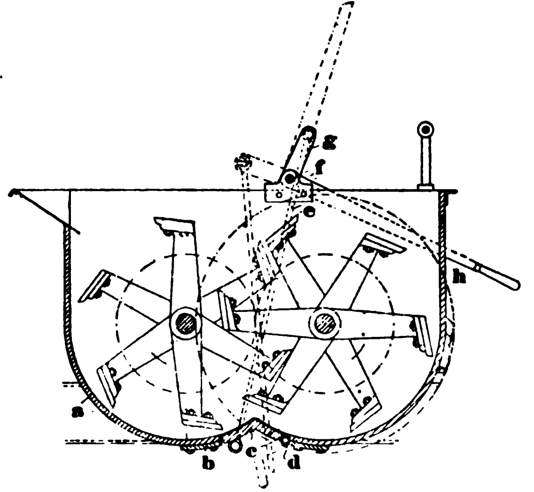



Bild 49. Querschnitt durch den Mischtrog.

Ungefähr in der Mitte der Trommel befindet sich die Entleerungsöffnung mit einer an der Unterseite um das verdeckte Charnier d drehbaren Klappe c, welche sich der Doppelbogenform des Troges anschließt. Diese Klappe ist durch Lenker e mit auf einer Welle befestigten Hebeln g verbunden, welche Welle mittels eines Hebels h gedreht werden kann. In der mit ausgezogenen Linien gezeichneten Stellung der Teile bleibt die Klappe c geschlossen, weil sich Lenker und Kurbeln im toten Punkte befinden. In der mit strichpunktierten Linien gezeichneten Lage der Teile ist die Klappe c geöffnet, wobei die bereits durchgemischte Betonmasse durch die

Mischschaufeln zur Entleerungsöffnung geschafft wird und die Maschine sich daher selbst entleert.

Ein an der Unterseite der Trommel angeordnetes Verstärkungsblech h ist verstellbar eingerichtet, damit dasselbe nach erfolgter Abnutzung der Klappe c nachgestellt und somit ein Herausfallen von Sand und dergleichen verhindert werden kann.

Damit die Wellenlager nicht durch etwa eindringenden Sand einem schnellen Verschleiß unterworfen werden, sind diese Lager außerhalb des eigentlichen Mischtroges angeordnet.

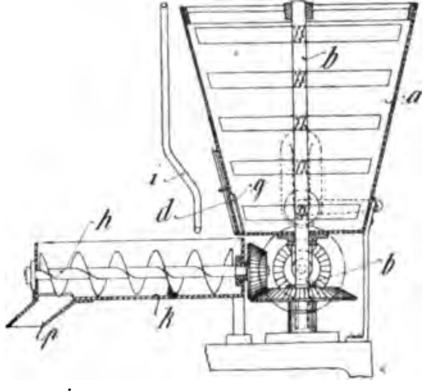


Bild 50.
Mischmaschine mit Netzschnecke.

Von den bisher beschriebenen Mörtelmischmaschinen, bei denen die Mörtelmasse in dicker Schicht der in diesem Falle sich ungleichmäßig vollziehenden Durchfeuchtung unterzogen wird, unterscheidet sich die im Bild 50 dargestellte Mischmaschine dadurch, daß das Mörtelgemenge zunächst trokken in senkrecht angeordneten Rührwerken bearbeitet wird.

Durch einen am unteren Teil des Behälters a angebrachten, mittels Schiebers d einzustellenden Auslauf g gelangt der gemischte, trockene Mörtel in die mit Förderschnecke h versehene Rinne k, über welcher sich das Berieselungsrohr i befindet, wodurch die in dünner Schicht nach dem Auslauf p bewegte Masse gleichmäßig angefeuchtet werden kann.

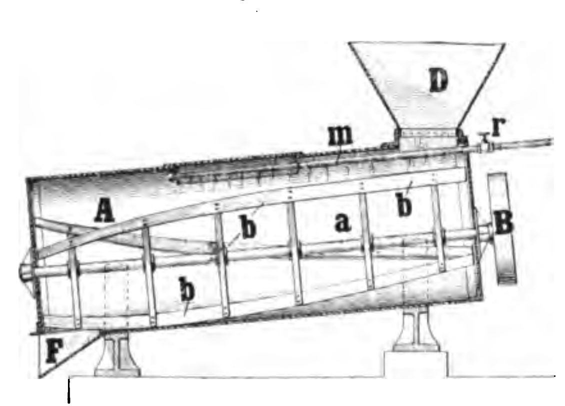



Bild 51. Mischmaschine mit Schraubenschaufeln.

Bei der im Bild 51 dargestellten Mischmaschine ist das zilinderartige Mischgefäß A fest und unverrückbar auf Böcken etwas geneigt gelagert. Am höher gelagerten Ende ist es oben mit einem Einfülltrichter D und am tiefsten Ende unten mit einem Auslaufstutzen F versehen. Durch die Längsachse geht die drehbar gelagerte, durch Riemenscheibe B angetriebene, mit Mischarmen ausgestattete Mischwelle a. Die Mischarme tragen an ihren Enden schraubenartig gewundene Schaufelbleche b, welche einen Teil des Mischgutes bei der Umdrehung hochnehmen und es dann wieder nach unten fallen lassen. Im Scheitel des Mischgefäßes ist ein mit Sieblöchern versehenes Wasserrohr m angeordnet, dessen Zufluß durch

das Ventil r geregelt werden kann. Hierdurch wird eine gleichmäßige Durchfeuchtung des Mischgutes während des Mischens bewirkt.

Eine Betonmischmaschine mit pflugscharähnlichen Mischschaufeln ist im Bilde 52 dargestellt. Der zilinderförmige Mischbehälter A trägt in seiner Mitte die senkrechte, von unten durch Kegelräder mittels des Vorgeleges B angetriebene Mischwelle C, auf welcher zwei Rührarme D und E in horizontaler Richtung einander gegenüber stehend befestigt sind, deren freie Enden die eigenartig geformten, pflugscharähnlichen Mischschaufeln a und b tragen. Am oberen Rande des Mischgefäßes A sind die umkippbaren Meßgefäße c und d angeordnet, von denen d zur Aufnahme des Zementes und Sandes, c zur Aufnahme des Steinschlages oder des Kieses dient. Zu diesem Zweck ist das Gefäß d mit einer Scheidewand versehen. Außerdem befindet sich bei e ein zilindrisches, mit Hahn versehenes Meßgefäß zur Aufnahme des Wassers. Nach dem Füllen werden die Meßgefäße c und e durch Umkippen in die punktiert gezeichnete Lage geleert.

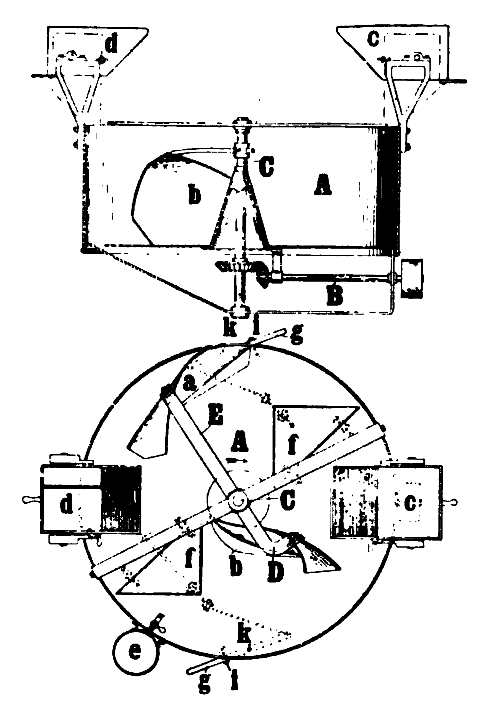


Bild 52. Mischmaschine mit Pflugscharschaufeln.

Die Entleerung des Mischzilinders erfolgt durch Oeffnen der am Boden des Behälters angebrachten dreieckigen, mit Scharnieren versehenen Klappen f f, was durch die um k drehbaren Hebel g mit Hilfe einer über Rollen geführten Seilverbindung h bewirkt wird. Die Klappen öffnen sich nach unten und werden durch die Klinken i, hinter welche die Hebel g greifen, geschlossen gehalten.

Mischkollergang. Das Durchkneten der Mörtelstoffe während des Mischvorganges bietet in bezug auf Beschleunigung einen wesentlichen Vorteil dar. Aus dieser Erkenntnis heraus benutzt man vielfach zum Mischen der Betonstoffe den sogenannten Mischkollergang. Im Bild 53 ist ein solcher Kollergang dargestellt. Er besteht im wesentlichen aus einer hochwandigen Schüssel mit auswechselbaren Hartgußplatten, in welcher sich drei durch eine Königswelle angetriebene Hartgußläufer mit konischer Läuferfläche drehen. Die Achsen der Läufer sind mit der Königswelle gelenkartig verbunden und die Läufer können durch eine

besondere Aufhängevorrichtung in bestimmten Abständen zum Schüsselboden eingestellt werden. Am Boden der Schüssel und über den Läufern schleifen Scharreisen, die ebenfalls an der Königswelle befestigt sind. Für die Entleerung der Schüssel ist am Boden ein durch eine Handkurbel zu betätigender Schieber vorgesehen. Läufer, Bodenplatten und Scharreisen lassen sich als dem Verschleiß unterworfene Teile leicht auswechseln. Das Mischgut wird mittels Schaufel zugeführt, und zwar werden zuerst die abgemessenen Mengen Sand und Kies und dann erst der Zement aufgegeben. Nachdem man bis zur gleichmäßigen Färbung das Gemenge trocken gemischt hat, wird die erforderliche Menge Wasser durch ein Spritzrohr hinzugelassen. Man mischt dann die feuchte Masse

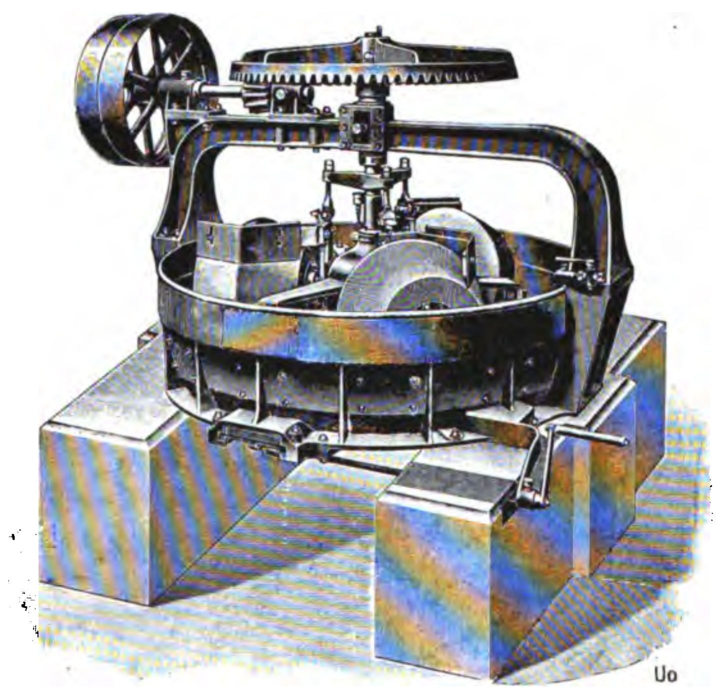



**Bild 53. Mischkollergang.**

noch ungefähr 2—3 Minuten durch. Durch das Zusammenwirken von Läufer und Scharrer wird eine innige Mischung erreicht. Bei dem ständigen Durchkneten der Masse wird jedes Sandkorn und Kiesstück mit Zement dicht umhüllt. Ein Zerkleinern des Mischgutes findet hierbei nicht statt. Gebrochener Schotter kann auf diesem Kollergang jedoch nicht gemischt werden.

Trommelmischer. Nach einem ganz anderen Grundsatz arbeiten die Trommelmischmaschinen, die nunmehr geschildert werden sollen. Während bei den Trogmischmaschinen das Mischgut in einem stillstehenden Troge durch sich bewegende Messer oder Flügel gewissermaßen

durchknetet wird, dreht sich bei den Trommelmischern der Mischbehälter; der Inhalt desselben wird durch diese Bewegung stetig übereinander gestürzt und entweder ebenfalls durch Mischflügel oder durch eingelegte Stahlkugeln weiter innig durchmengt.

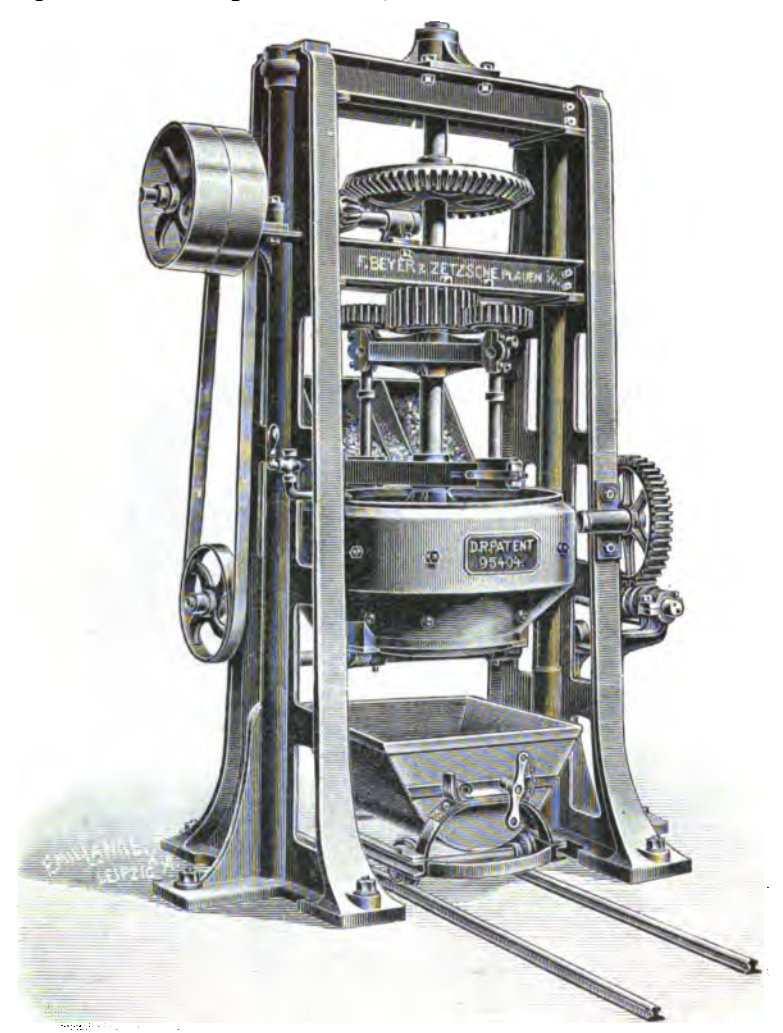



Bild 54. Mischmaschine, Bauart Hüser.

Die nachstehend beschriebene Mischmaschine, Bauart Hüser, bildet gewissermaßen einen Uebergang zu den eigentlichen Trommelmischern. In ihrer Wirkung vereinigt sie die Vorzüge des Kollerganges mit den besonderen Eigenschaften der Trommelmischer, die ein gutes Durchmischen der Einzelstoffe als Vorzug erkennen lassen.

Die Maschine ist in vorstehendem Bild 54 dargestellt, sie wirkt durch zwei, sich um ihre eigene Achse drehende, am oberen Ende aufgehängte Quirle, welche die Mörtelstoffe ähnlich wie beim Kollergang lebhaft

durcheinander kneten. Durch die Zentrifugalkraft werden dabei die Quirle fortwährend nach außen geschleudert, durch das pendelartige Aufhängen derselben wird ferner noch erreicht, daß etwa in dem Gemisch vorhandene, außergewöhnlich große Steine keinen Schaden an der Maschine verursachen können, da die Quirle in diesem Fall Gelegenheit haben, nach der Mitte auszuweichen. Bei dieser Maschine geschieht die Zuführung der Mörtelstoffe durch besondere Füllkästen, die seitlich am Mischtroge befestigt sind und durch Kippen entleert werden. Die Ma-

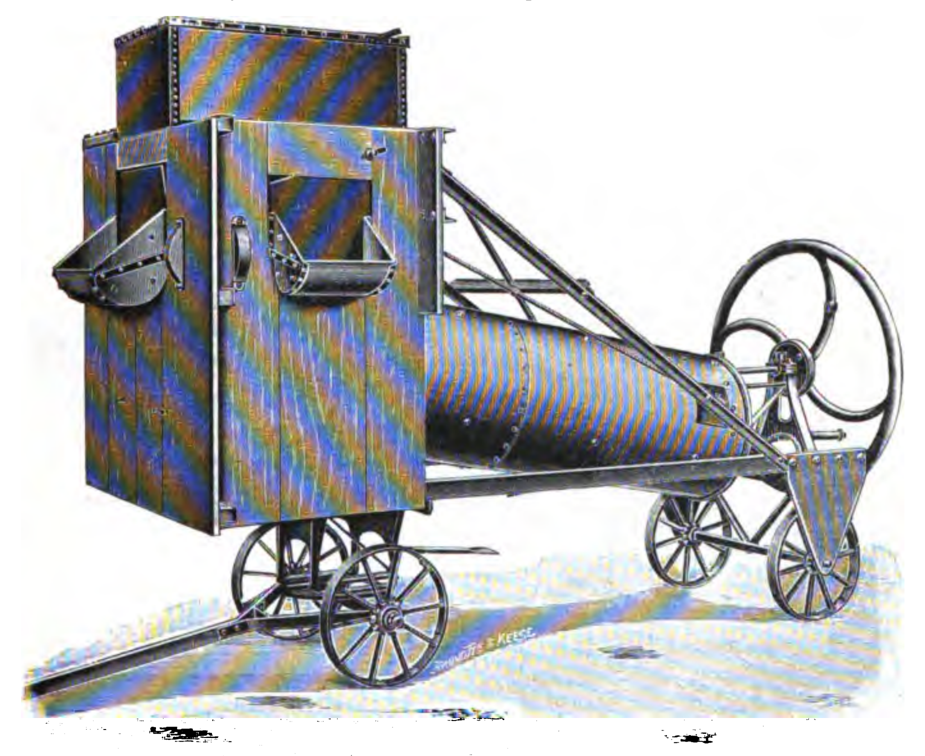


**Bild 55. Trommelmischer mit Handbetrieb. Bauart Gauhe, Gockel & Co.**

schine kann während des Ganges entleert werden, indem man durch eine Kurbel einen am halbkugelförmig ausgebildeten Boden des Mischtroges angebrachten Schieber öffnet, sodaß die fertige Mischung sich in einen untergeschobenen Wagen oder eine Karre entleeren kann.

Die Bilder 55 und 56 stellen eine Trommelmischmaschine, Bauart Gauhe, Gockel & Co., mit Abmeßvorrichtung am Fülltrichter dar. Die Maschine kann mit der Hand betrieben werden, und bedarf zu ihrer Wartung für mittlere Leistungen 1 Aufgeber für Zement, 2 Aufgeber für Kies und Sand und 1 Kurbeldreher; für größere Leistungen 1 Aufgeber für Zement, 2 Aufgeber für Kies und Sand und 2 Kurbeldreher bezw. $^1/_2$ bis 1 PS. Die Maschine liefert an fertigem Beton soviel, als an Mischgut aufgegeben werden kann.

Wird Kies verarbeitet, dem schon von Natur der nötige Sand beigemischt ist, so kann der Sandbecher auch für Kies benutzt werden oder er bleibt unbenutzt.

Die Abmeßvorrichtung am Fülltrichter macht ein vorheriges Zurichten des Mischgutes überflüssig, bewirkt ein genaues Abmessen der einzelnen Stoffe in bestimmtem und regelbarem Verhältnis, spart somit wesentlich an Arbeitskräften und erhöht die Leistungsfähigkeit bedeutend. Auch bei geringem Bedarf an Beton empfiehlt sich diese Vorrichtung aus genannten Gründen. Sie besteht aus drei über dem Fülltrichter angebrachten becherartigen Gefäßen für Zement, Sand und Kies oder

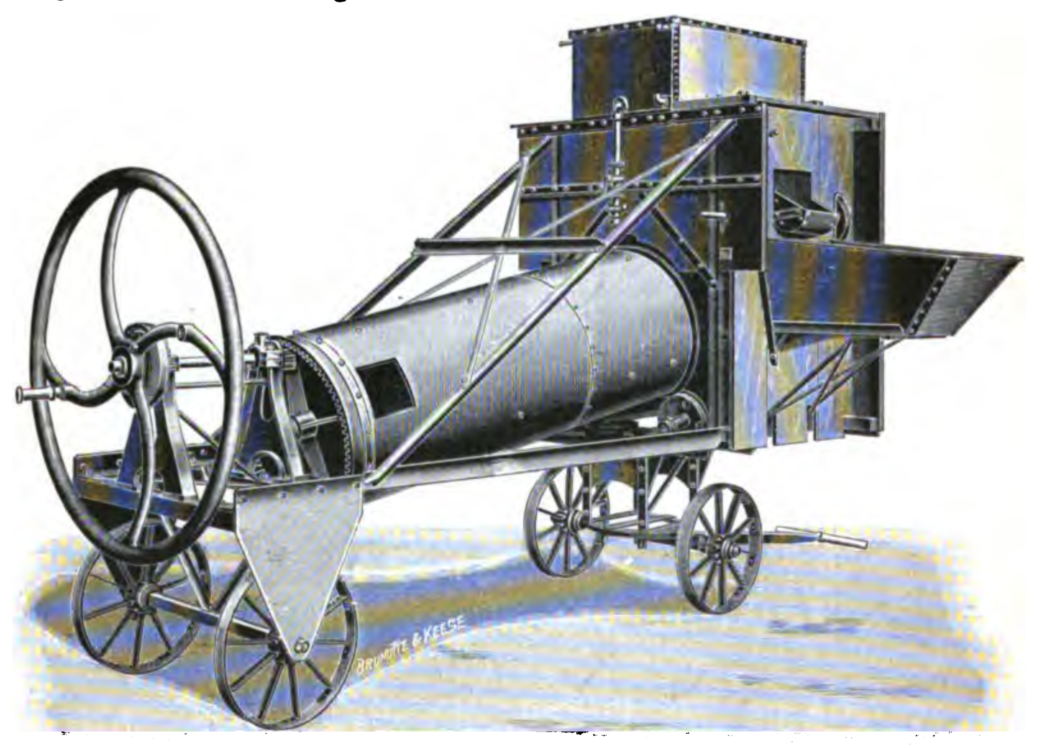


Bild 56. Trommelmischer mit Handbetrieb. Bauart Gauhe, Gockel & Co.

Kleinschlag. Die Becher sitzen fest auf drei drehbaren, durch konische Räder miteinander verbundenen Achsen und entleeren durch Drehung eines auf einer der Achsen sitzenden Handhebels ihren Inhalt gleichzeitig in den Fülltrichter und weiter in den Mischzilinder der Betonmischmaschine. Die Becher sind so geformt, daß sie immer nur die gleiche Füllung aufnehmen können, eine Ueberfüllung ist nicht möglich, da überschüssiges Mischgut, dem natürlichen Böschungswinkel entsprechend, wieder herausfällt. Die Becher werden auf Verlangen in verschiedenen Größen geliefert und können nach Belieben ausgewechselt werden; noch einfacher ist es, die an der Maschine befindlichen Becher mehr oder weniger hoch

mit Holz auszufüttern, um bestimmte bezw. verschiedene Mischungsverhältnisse zu erzielen. Der Zement wird aus Säcken in einen nahe unter dem Zementbecher befindlichen, auf Bild 56 sichtbaren Kasten geschüttet und mit passendem Gerät in den Becher gefüllt. Die Wasserzuführung erfolgt erst am Ende der Mischtrommel, nachdem bereits eine gründliche Trockenmischung stattgefunden hat. Die Maschine arbeitet stetig, Kraftbedarf 1—2 Mann an den Kurbeln bezw. $1^1/_2$—2 PS. Leistung bis zu 7 cbm stündlich.

Im Bild 57 sehen wir eine andere Trommelmischmaschine Bauart Gauhe, Gockel & Co., mit selbsttätigem Entleerungsschieber, Abstreifer in der

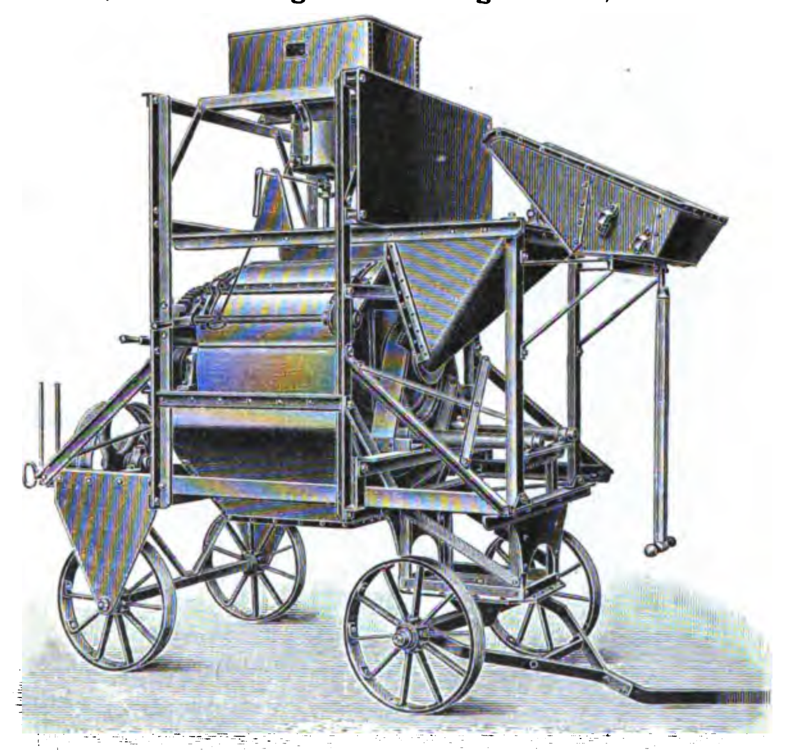


Bild 57. Trommelmischer für Kraftbetrieb. Bauart Gauhe, Gockel & Co.

Trommel zum selbsttätigen Reinigen, mit Wendeschaufeln, welche sich mit der Trommel drehen, und zentralem Fülltrichter. Die Maschine besteht im Wesentlichen aus einer durch Deckel verschließbaren Trommel, welche an der Antriebsseite einen Lagerzapfen hat, auf der andern Seite mittels vorstehendem, angeschraubtem Laufring auf zwei Laufrollen gelagert ist, ferner dem Fülltrichter, Wasserkasten mit Abfüllvorrichtung und Leitung, den Antriebsteilen und einem Gestell, auf welchem das Ganze aufgebaut ist.

Durch die Umdrehung der Trommel wird das seitlich in dieselbe während des Ganges eingebrachte Mischgut beliebig lange gemischt und fällt alsdann aus der sich öffnenden Trommel heraus. Das Oeffnen und

Schließen der Trommel mittels eines verschiebbaren Deckels erfolgt während des Ganges durch Handhebelbewegung. Die Maschine erfordert deswegen nur außerordentlich wenig und einfache Bedienung. Durch die Drehung der Trommel wird das Mischgut fortwährend gehoben und übereinandergestürzt. Auf der Trommelachse festsitzende, schrägstehende Schaufeln (Widerstände) unterstützen das Hochheben des Mischgutes, verteilen es und werfen es nach beiden Seiten gleichmäßig

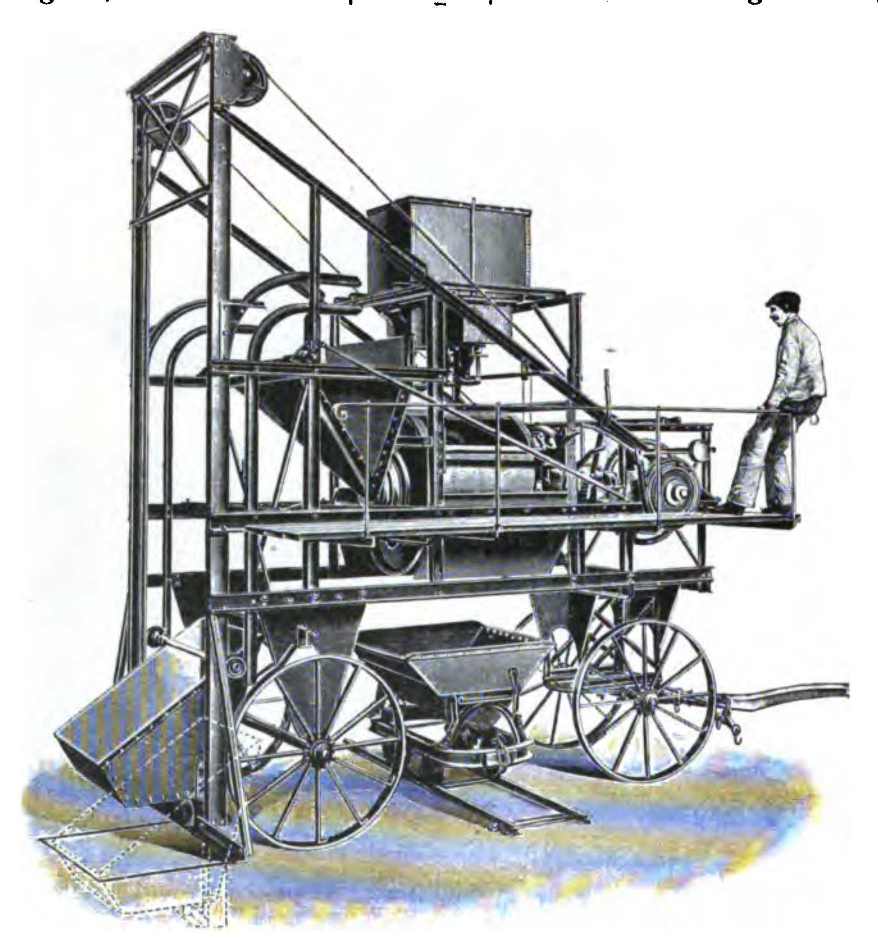


**Bild 58. Gauhe & Gockels Trommelmischer für größere Leistungen mit Hebewerk.**

durcheinander, sodaß in kurzer Zeit ein vollständig inniges Mischen bewirkt wird, das beliebig lange fortgesetzt werden kann. Durch ein in die Trommel geleitetes Rohr erfolgt die Wasserzuführung, nachdem zuerst die Trockenmischung bewirkt ist. Bei dem Mischvorgang wirken die groben Kiesel in milder Form ähnlich wie die Kugeln in einer Kugelmühle, indem sie den Zement und Sand auf das innigste verreiben und das Klebenbleiben von feuchten Mischstoffen an der Trommelwandung verhüten. Da, wie erwähnt, die Wendeschaufeln sich mit der

Trommel drehen, so erfolgt das Mischen nicht zwangsweise, sondern nur durch freien Sturz. Es kann deshalb kein Festklemmen von Steinen, kein unnötiger Verschleiß und keine Betriebsstörung durch Bruch erfolgen. Die erforderliche Betriebskraft ist infolgedessen gering.

Für größere Leistung steht der Förderkasten des Beschickungshebewerks, wie es Bild 58 darstellt, während des Füllens zu ebener Erde. Rückt der Wärter eine Kuppelung ein, so hebt sich der Kasten, stürzt oben seinen Inhalt selbsttätig in den Vorfülltrichter, und wird vom Wärter wieder niedergelassen, ohne daß die Mischtrommel in ihrer Tätigkeit gestört wird. Bei Hochbauten ist es manchmal empfehlenswert, die Maschine

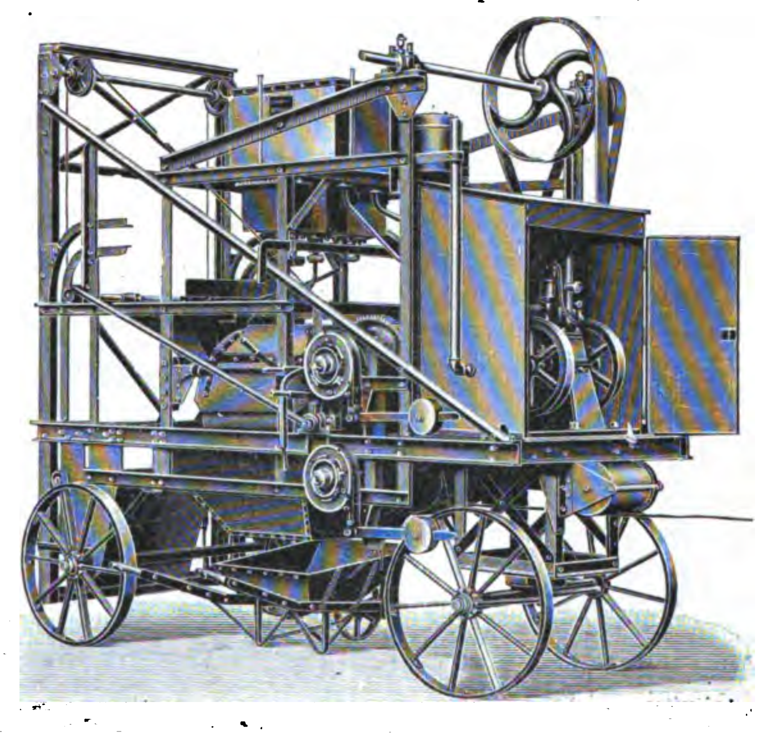


**Bild 59. Trommelmischer mit eingebauter Kraftmaschine.**

erhöht aufzustellen, um einen besonderen Fahrstuhl zum Heben des Betons zu ersparen. Für solche Fälle kann das Hebewerk nach unten hin verlängert werden, derart, daß das Einfüllen der Stoffe in den Förderkasten auf der Sohle oder in beliebiger Höhe geschieht. Durch diese Einrichtung können häufig sehr namhafte Ersparnisse erzielt werden.

Durch die Anordnung des Vorfülltrichters und des selbsttätigen Entleerungsschiebers wird das Füllen und Entleeren, sowie durch die Wendeschaufeln das Mischen auf ein Mindestmaß von Zeit beschränkt, es können erfahrungsgemäß mit Sicherheit in 1 Stunde 40 Füllungen geleistet werden, während der zwangsfreie Mischvorgang die Ausführung der Maschine

in sehr großen Abmessungen, bis zu 1 cbm und mehr Fassungsvermögen der Trommel, zuläßt. Zur Bedienung ist außer den An- und Abfuhrmannschaften nur ein Wärter nötig. Für die Bedienungsleute und die Umgebung ist von Vorteil, daß das Mischen in einer ganz geschlossenen Trommel stattfindet; es wird dadurch die Belästigung durch Zementstaubentwickelung vermieden und auch an Zement gespart.

Das Innere der Trommel wird durch den schwingend aufgehängten Abstreifer stets sauber gehalten, ein Umstand, der von allergrößter Bedeutung ist. Die Maschinen sind ferner mit einer doppelten selbsttätigen Wasserabmessung versehen, welche die Leistungsfähigkeit der Maschine sehr erhöht, weil eine abgemessene Menge Wasser für jede Füllung stets sofort zur Verfügung steht, also durch das Abfüllen keine Zeit verloren geht.

Zur Erzielung größerer Arbeits-, Raum- und Frachtersparnis, vornehmlich aber einer steten Betriebsbereitschaft wegen, werden die Betonmaschinen auch mit Kraftmaschinen ausgerüstet (siehe Bild 59 auf S. 119), welche auf eine Plattform des Maschinengestells zu stehen kommen und so eingebaut werden, daß sie gegen das Eindringen von Staub und Nässe vollständig geschützt sind. Die hohe Umdrehung der schnellaufenden Motoren wird durch ein auf der Betonmaschine angebrachtes Vorgelege entsprechend herabgesetzt.

Das Vorgelege kann noch mit einer weiteren Riemscheibe zum Antrieb einer Aufzugwinde, Pumpe, Mörtelmaschine, Kies-, Wasch- und Sortiermaschine u. s. w. versehen werden. Der auf der Mischmaschine befindliche Wasserbehälter liefert gleichzeitig das für Benzin-, Spiritus- und Petroleum-Motoren erforderliche Kühlwasser, das er nach Benutzung wieder aufnimmt.



Bild 60. Hebekrahn für die Betonmasse mit aufgezogener Schiebkarre.

Neuerdings werden diese Maschinen mit eingebautem Lastwindwerk (vergl. Bild 60) zum Hochziehen des fertigen Betons versehen. Dieses befindet sich unter dem Maschinengestell und ist, wie das Hebewerk für die Rohstoffe, mit einer höchst einfach zu bedienenden zuverlässigen Sperradbremse versehen, welche für die Bedienung in handlicher Lage seitlich der Maschine angeordnet ist. Die Kraftmaschine muß ausreichend stark für gleichzeitiges Mischen, Heben des

Mischgutes und der fertigen Betonmasse oder sonstiger Baustoffe auf Hochbauten gewählt werden.

Bei kleinen Betonmaschinen wird die Trommelfüllung von Schiebkarren passender Form und Größe aufgenommen und mit der Karre an einem Schwenkkränchen hochgezogen, wie unser Bild 60 zeigt, bei den größeren Maschinen verwendet man dagegen Kippwagen, die auf einem Fahrstuhl hochgebracht werden, oder deren Mulde (Kasten) mittels des Schwenkkrans gehoben, eingeschwenkt und später auf dem Untergestell wieder abgesetzt wird.

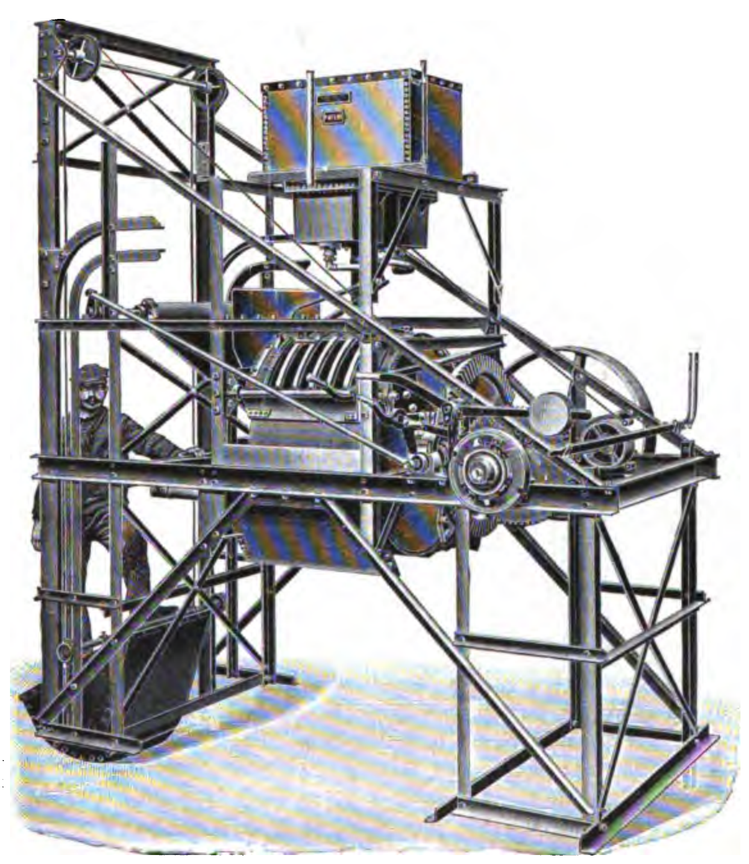


**Bild 61. Ortsfeste Kugelmischmaschine mit Hebewerk. Bauart Gauhe, Gockel & Co.**

Die Aufstellung der Mischmaschine kann in beliebigem Winkel zu Kran oder Aufzug erfolgen, wenn das Zugseil über Leitrollen geführt wird, auch kann das Aufziehen im Innern des Gebäudes geschehen.

Eine Kugelmischmaschine, Bauart Gauhe, Gockel & Co., für feinen Stampfbeton, Zementmörtel und Traßmörtel, besonders zur Zementwarenherstellung geeignet, stellt Bild 61 dar.

Diese Maschine ist nach dem gleichen Grundgedanken wie die vorher beschriebenen Betonmischmaschinen gebaut, unterscheidet sich jedoch von

diesen hinsichtlich des Mischvorganges. Während nämlich bei grobem Stampfbeton Kiesel oder Steinschlag in der Trommel hinlänglich verreibende Wirkung auf den Zement ausüben, besitzt der feine Kies für feinen Stampfbeton zu Kanalrohren, Platten, Dachpfannen u. s. w. diese Wirkung nicht in gleichem Maße; dem Sand für Zementmörtel fehlt sie noch mehr.

Für die genannten Stoffe wird deshalb ins Innere der Mischtrommel anstatt der sich mitdrehenden Wendeschaufeln eine Anzahl schwerer eiserner Kugeln eingebracht, welche während der Mischung an dem zwanglosen Ueberstürzen des Mischgutes teilnehmen und die innigste Verreibung des Zements mit den Zementstoffen bewirken.

Außer dem Deckelverschluß hat die Trommel dieser Maschine noch einen Rost an der Einfüllöffnung. Es genügt ein Hebeldruck, um während der Drehung der Mischtrommel anstatt des Verschlußdeckels den Rost

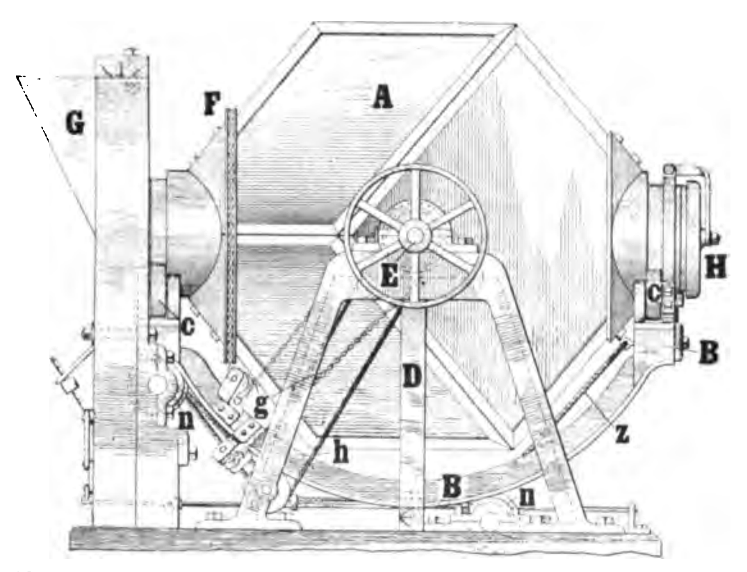



Bild 62. Amerikanische Mischmaschine mit würfelförmigem Mischbehälter.

auf die Oeffnung der Trommel zu legen, durch welchen die Entleerung des fertigen Mischgutes stattfindet, während die Kugeln, durch den Rost zurückgehalten, in der Trommel verbleiben. Die selbsttätige Reinigung der Trommel erfolgt auch hier durch den schwingenden Abstreifer. Die Maschine wird in Größen von 75, 100, 150, 250 und 350 Liter Füllung gebaut, und auf Wunsch mit Beschickungshebewerk versehen.

Die in den folgenden Bildern dargestellte Mischmaschine, Bauart W. J. Jndd, wird in Amerika vielfach benutzt und besteht in der Hauptsache aus einem auf Rollen in einem wiegenförmigen Gestell gelagerten würfelförmigen, in Drehung zu versetzenden Mischbehälter A (Bild 62 bis 64), welcher während des Ganges durch Neigen seiner Drehachse entleert wird. Der Behälter dreht sich um seine Diagonalachse vermittels zweier an ihm befestigter Rohrstutzen, welche auf den in dem Wiegen-

gestell B gelagerten Rollenpaaren c c laufen. Der Antrieb erfolgt durch ein auf einen Bock D befestigtes, mit Riemenscheibe versehenes Vorgelege E vermittels der Kettenräder F f und der über Führungsrollen geleiteten Kette g.

Das Mischgut wird bei horizontalem Stande der Drehungsachse (Bild 62) durch den Fülltrichter G aufgegeben und verläßt den Mischbehälter A bei schräg gestellter Drehungsachse durch einen Auslaufstutzen, der durch einen bei schräger Lage der Drehungsachse sich selbsttätig öffnenden Deckel H geschlossen ist (Bild 63). Die Neigung der Drehungsachse wird auf maschinellem Wege durch die auf der Grundplatte gelagerte, sich ständig drehende, durch den Seiltrieb h angetriebene Welle

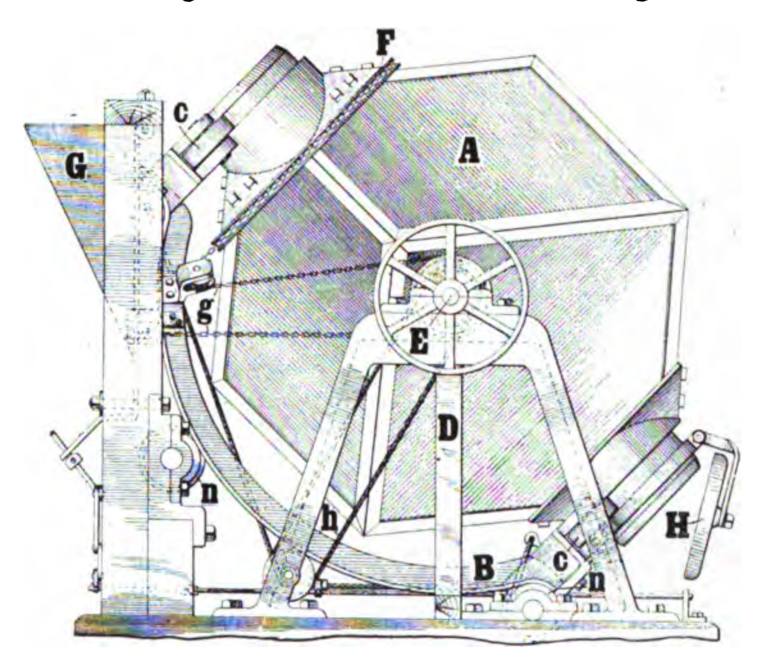



**Bild 63. Amerikanischer Mischer während der Entleerung der Betonmasse.**

bewirkt. Auf ihr sitzen zwei lose, mit Kuppelungseinschnitten versehene Rollen o o, welche die auf der Welle i festgekeilte, verschiebbar angeordnete Kuppelungsmuffe v zwischen sich einschließen (Bild 64). Letztere kann durch den Hebel e mit der einen oder anderen Rolle verkuppelt werden. Während des Mischens bleibt der Hebel in der auf Bild 64 gezeichneten Ruhelage, das Kuppelungsglied v dreht sich dann frei zwischen den beiden Rollen o. An dem wiegenartigen Gestell B, welches auf den Rollen n n schwingt, sind an den horizontalen Verbindungsstücken, welche die beiden Wiegekufen verbinden, Seile Z Z befestigt, welche nach unten um die Rollen o geschlungen sind und zwar derartig, daß die Zugrichtung des einen Seiles entgegengesetzt der des anderen erfolgt, d. h. so, daß beim Anziehen des einen Seiles das Gestell B aus der wagerechten

Lage in die schräge Lage schwingt, während beim Anziehen des anderen Seiles das Gestell wieder in die wagerechte Lage zurückkehrt. Wird nunmehr der Hebel e aus seiner Ruhelage nach oben oder nach unten ein-

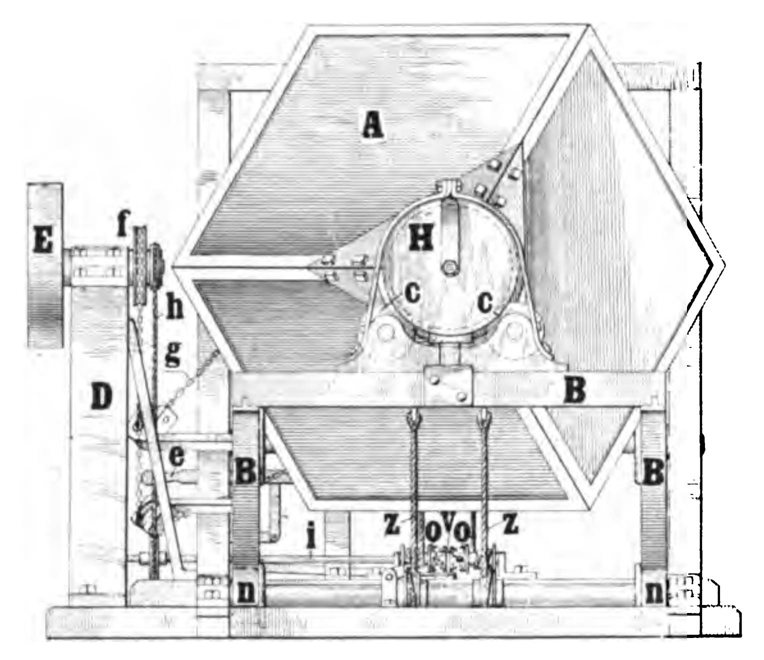



Bild 64. Amerikanischer Mischer, von der Entleerungsöffnung aus gesehen.

gerückt, so kuppelt sich die Kuppelungsmuffe v rechts oder links in eine der Rollen o ein, wodurch dieselbe in Drehung versetzt wird und durch das um ihren Umfang geschlungene Seil das Gestell B nach einer oder der anderen Richtung ausschwingt. Die Seile sind mit Anschlagknaggen versehen, welche mittels eines Gestänges den Hebel e in die Ruhelage beim Beendigen der Schwingbewegung des Gestelles B zurückdrücken und auf diese Weise den Mechanismus selbsttätig ausrücken.

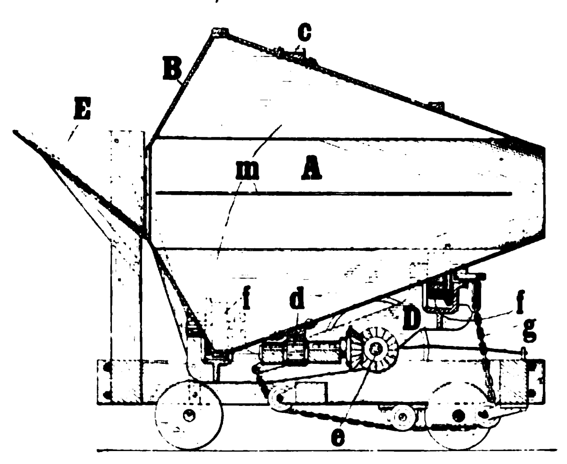



Bild 65. Mischmaschine mit Kegeltrommel.

Eine ähnliche, mit Fahrgestell eingerichtete Maschine, Bauart W. J. Jndd, zeigt Bild 65. Der Mischbehälter A besteht hier aus einem konischen Körper, der am Einlaufende durch einen konischen mit einer Mittelpunktsöffnung versehenen Deckel B geschlossen ist. Das

Mischgut gelangt durch den Trichter E und die Deckelöffnung in den Mischraum. Der Mischkegel A trägt an der inneren Mantelfläche in der Längsrichtung Blechrippen m, welche das Mischgut wieder mit nach oben nehmen, und außen einen Zahnkranz c, in welchen ein Zahnradtrieb d eingreift. Der Antrieb erfolgt mittels der mit Riemenscheibe versehenen Welle e durch einen Satz Kegelräder.

Der Mischkegel dreht sich auf zwei an seinem Umfange angebrachten Laufkränzen auf zwei Rollenpaaren f f, welche in einem um die Achse e schwingbar gelagerten Tragrahmgestell D ruhen, an welchem auch gleichzeitig die den Stirnradtrieb tragende Welle befestigt ist. Die Entlee-

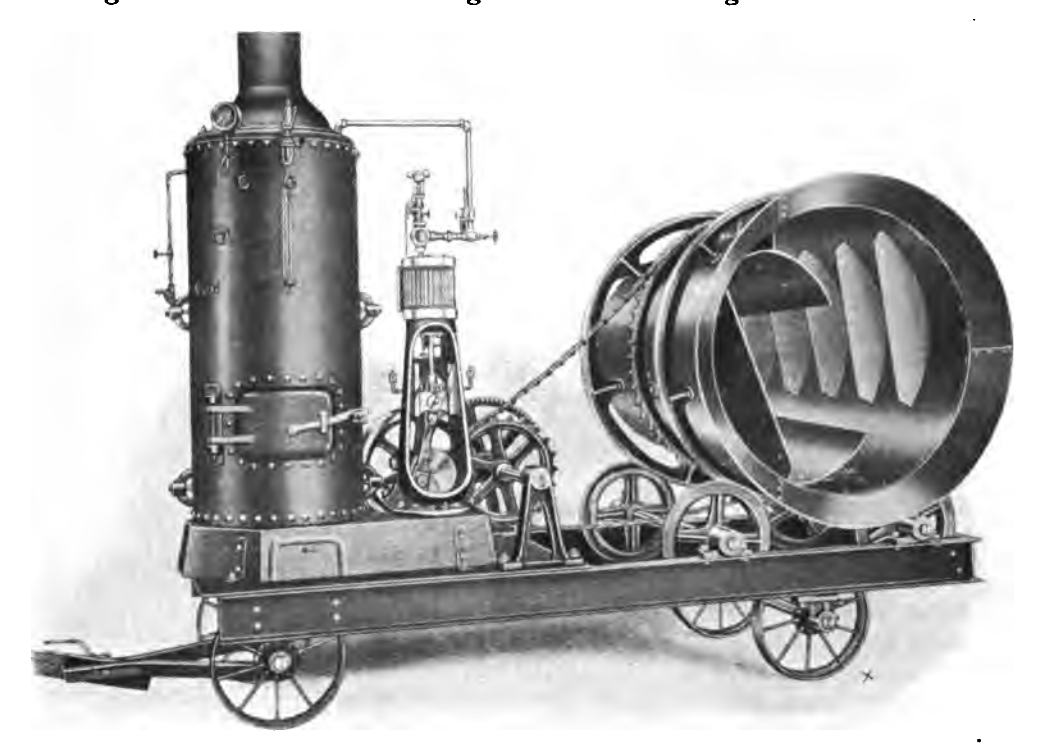


Bild 66. Mc. Kelvey-Mischmaschine.

rung des Mischgefäßes erfolgt auch hier, wie bei der vorstehend beschriebenen Maschine, durch Neigen der Drehungsachse desselben. Zu diesem Zweck ist eine, ein Schneckenrad s tragende Welle im Fahrgestell angeordnet, auf welche ein Kettenrad aufgekeilt ist, welches die am Gestell D befestigte Kette g nach einer oder der anderen Richtung hin in Bewegung setzen kann. Der Antrieb erfolgt durch eine Treibschnecke, welche durch ein auf der Welle e befindliches Wechselgetriebe betätigt wird. Das Einrücken des letzteren wird durch ein Zugseil, welches auf unserem Bild 65 unterhalb der Führungsrolle f am Auslaufende des Mischgefäßes sichtbar ist, bewirkt. Das Seil ist so geführt, daß die Ausrükkung nach Beendigung der Kippbewegung selbsttätig erfolgt.

Eine ebenfalls viel in Benutzung stehende amerikanische Trommelmischmaschine von Mc. Kelvey zeigt das Bild 66. Der Mischer ist hier mit einer fünfpferdigen stehenden Dampfmaschine verbunden. Wir sehen 2 gekrümmte Schaufeln, welche an der einen Wand des Mischzilinders in dessen Längsrichtung befestigt sind. Ihnen gegenüber stehen senkrecht zur Längsachse kurze Rippen, auf welche die Mörtelstoffe bei der Umdrehung der Mischtrommel von den Schaufeln herabfallen, wodurch sie immer wieder aufs neue verteilt und dadurch gemischt werden. In den Bildern 67 und 68 wurde versucht, die Arbeitsweise der Vorrichtung schematisch darzustellen. Man sieht, wie die Schaufeln die zu mischenden Stoffe aufnehmen und auf die Zerteilungsbleche fallen lassen, von welchen sie wieder in die Schaufeln stürzen. Die Maschine soll in der Stunde 15 bis 23 cbm Beton liefern und kostet etwa 4200 M.

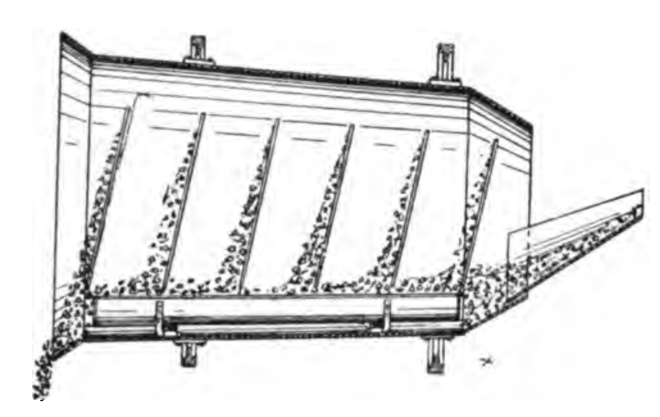


Bild 67. Längsschnitt durch die Mischtrommel.

Bild 69 zeigt eine Maschine gleicher Bauart, welche 7,5 cbm Beton in der Stunde liefert, die bei einem Gewichte von ungefähr 675 kg zu Handbetrieb eingerichtet ist.

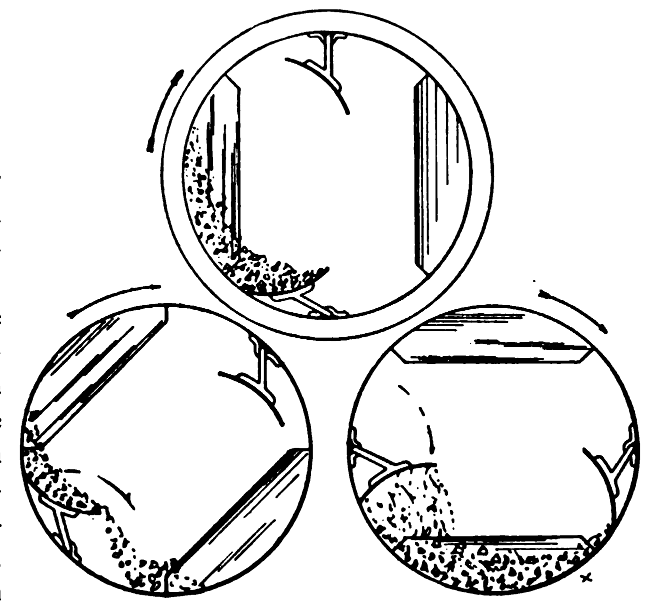


Bild 68. Querschnitt durch die Mischtrommel.

Während der eben beschriebene Trommelmischer in ununterbrochenem Betriebe arbeitet, ist dieses bei dem in Bild 70 dargestellten nicht der Fall. Die Anordnung der Verteilungsbleche und Schaufeln ist zwar dieselbe, doch ist die Länge der Mischtrommel bedeutend geringer. Bei dieser Maschine werden vorher abgemessene Mengen von Kies, Sand und Zement

auf einmal eingegeben, der Mischer in Umdrehung versetzt und darin so lange erhalten, bis genügende Mischung erzielt ist. Sodann wird die fertige Betonmischung in Schubkarren entleert, wobei die Maschine sich ebenfalls in Umdrehung befindet. Eine Füllung genügt zur Herstellung von ungefähr 0,4 cbm Beton. Die stündliche Leistung beträgt bei Anwendung einer 5 pferdigen Dampfmaschine etwa 9 cbm.



Bild 69.

Der bekannte amerikanische Betonfachmann Ransome hat eine Mischmaschine erfunden, welche im Bild 71 dargestellt ist. Auf einem fahrbaren Untergestell dreht sich eine Mischtrommel mit Hilfe eines Zahnrades und eines Zahnkranzes.

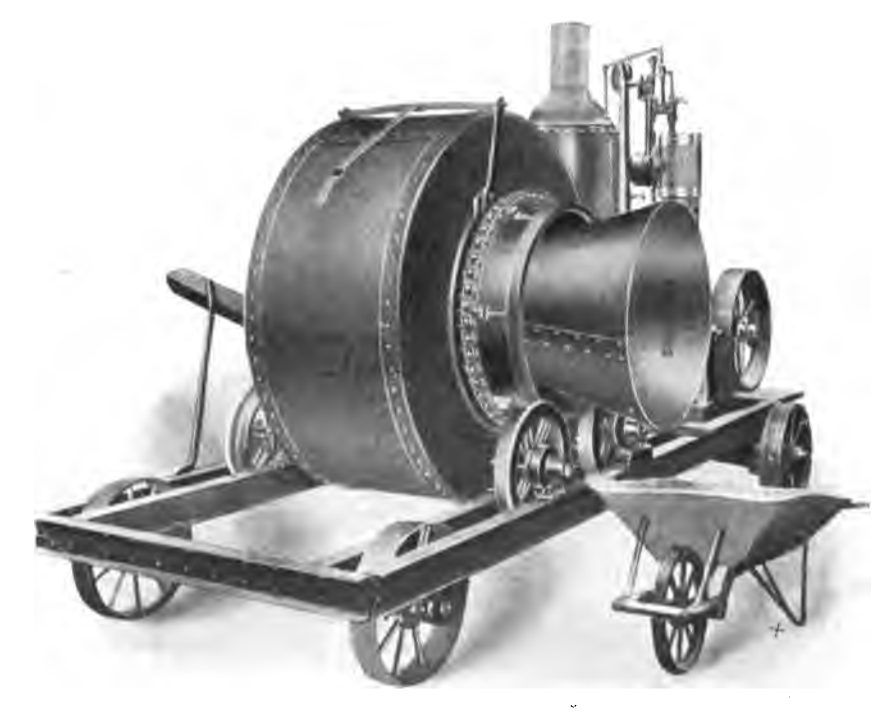


Bild 70. Trommelmischer für unterbrochenen Betrieb.

An der inneren Seite der Trommelwand sind schräggestellte Platten angebracht (Bild 72), welche die eingeworfenen Rohstoffe heben, durch-

einander werfen und nach dem Auslaufende zu bewegen. In die weite Austragsöffnung ragt eine an feststehendem Gestell kippbar befestigte Schurre hinein, welche mit Hilfe einer Kettenwinde auf- und abwärts gekippt werden kann, ohne daß der Mischer seine Tätigkeit unterbricht. Soll die Trommel entleert werden, so wird die Schurre heruntergekippt und die fertig gemischte Betonmasse von den an der Trommelwand befindlichen Schaufeln auf die Schurre geworfen. Die Maschine wird in verschiedenen Größen gebaut, wovon die kleinste in der Stunde 6, die größte 30 cbm fertig gemischte Betonmasse liefert.



Bild 71. Ransome-Mischer.

Die in den Bildern 73 und 74 dargestellte Mischmaschine von Smith wird in sechs verschiedenen Größen gebaut und leistet bis zu 23 cbm Betonmasse in der Stunde, wobei sie 20 PS. beansprucht. Derartig große Ausführungen werden mit Gasolinmotoren ausgerüstet. Der Fülltrichter ist so angeordnet, daß der eigentliche Mischbehälter so weit umgekippt werden kann, daß er seinen Inhalt völlig entleert. Der Mischer besteht aus zwei an der Grundfläche zusammenstehenden abgestutzten Kegeln und wird mit Hilfe eines Zahnrades in Umdrehungen versetzt. Dieser Zahnkranz greift in ein Zahnrad, welches von einem Vorgelege aus in Umdrehung gebracht wird. Die Mischung erfolgt durch schräggestellte Blechstreifen, deren Anordnung aus dem Bild 75 hervorgeht. Die fertige Betonmasse wird durch Neigen des Mischbehälters entleert, ohne daß letzterer stillgestellt werden muß. Für geringe Leistungen wird diese Maschine auf einen zweirädrigen Handkarren befestigt, wie das Bild 76 zeigt. Der Antrieb erfolgt hierbei mittelst einer Handkurbel.

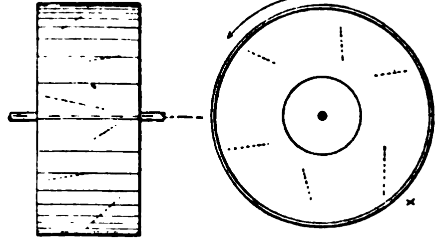


Bild 72.

Ferner sei noch der Trump'schen Abmeßvorrichtung für die Betonmischstoffe gedacht, die zu jeder beliebigen Betonmischmaschine gefügt werden kann und in den Bildern 77—81 dargestellt ist. In bezug auf das Abmessen der einzelnen miteinander zu vermischenden Roh-

stoffe war man bisher noch allzusehr auf die Gewissenhaftigkeit der Arbeiter angewiesen. Bei dieser Vorrichtung erfolgt jedoch die Aufgabe der einzelnen Mischstoffe selbsttätig, ohne daß der den bisher bekannten Betonmischmaschinen anhaftende Nachteil hervortritt, daß die Mischmaschine nur mit Einzelmengen beschüttet werden kann, wodurch es nicht gelingen will, einen wirklich ununterbrochenen Betrieb zu erzielen. Bei dieser Maschine wird also von der Gepflogenheit abgegangen, abgemessene Einzelmengen dem Mischer von Hand zuzuführen. Die Zuteilung und das Mischen der Rohstoffe erfolgt ununterbrochen selbsttätig. Der Erbauer der Maschine hat sich den Umstand zu Nutzen gemacht, daß pulverförmige oder stückige Stoffe leicht selbsttätig gleichmäßig auf einer sich um eine senkrechte Achse in der Pfeilrichtung drehenden runden Platte ausbreiten lassen (Bild 77). Er bringt ein Messer an, welches von der gebildeten Scheibe ein Stück abschält und trägt Sorge, daß das abgeschnittene Scheibenstück hinter dem Messer wieder selbsttätig ersetzt wird. Steht das Messer fest, so wird es stets genau dieselbe Menge abstreichen. Die in der Zeiteinheit abgestrichene Menge ist erstens von der Geschwindigkeit abhängig, mit welcher sich die Scheibe A gegen das Messer B bewegt, zweitens von der Entfernung der Messerspitze von der Achse und drittens von der Dicke der gebildeten Scheibe. Die Umdrehungszahl der Platte a kann mit leichter Mühe nach Belieben geregelt werden. Die Einstellung des Messers b erfolgt vorteilhaft mit Hilfe der im Bild 78 dargestellten Vorrich-

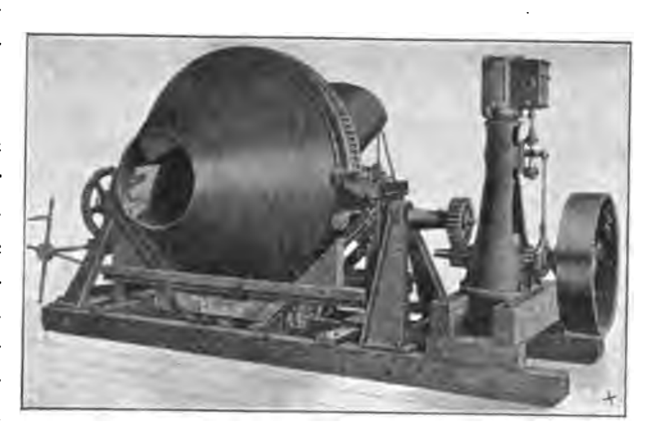


Bild 73. Smith-Mischer (Auslaufseite).

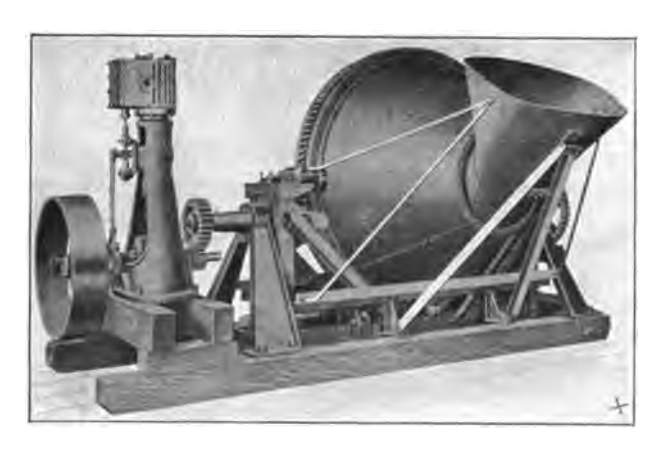


Bild 74. Smith-Mischer (Einlaufseite).

tung. Hierbei dreht sich das Messer b um einen in die Oese f gesteckten Zapfen. Der kurze Arm g reicht in den Schlitz h der Hülse k und stützt sich gegen die Stellschraube i. Mit Hilfe der Mikrometerschraube j kann man die Hülse k verschieben, wobei der Zeiger des feststehenden Stabes l unmittelbar die Menge des in der Zeiteinheit von der Platte a abgestrichenen Stoffes angibt. Die gleichmäßige Scheibenstärke wird durch Anordnung eines Zilinders über der Scheibe a erzielt. Durch die Entfernung des Zilinders von der Platte a wird die Stärke der sich bildenden Scheibe geregelt. Der Zilinder wird möglichst gefüllt gehalten und dient als Vorratsraum. Der Zilinder c ist durch den Arm e (vergl. Bild 80) mit der Achse verbunden und dreht sich also mit dieser und der Platte a. Sein Abstand von der Platte a hängt von der Höhe des Messers b ab, welches sich unter ihm hinwegbewegen muß, sowie von der Stückgröße des abzuteilenden Stoffes. Die unter seinem unteren Rande hervorquellende Menge nimmt ihren natürlichen Neigungswinkel ein. Die Abweichungen sind so geringfügig, daß sie für die Genauigkeit nicht in Betracht kommen. Bei der Arbeit hat man nur nötig, den Zilinder immer mit den abzuteilenden Stoff gefüllt zu halten, was auf die verschiedenste Weise durch eine Förderrinne, eine Förderschnecke oder ein Becherwerk geschehen kann, welches den Inhalt über die Rinne d in den Zilinder c entleert. Das Messer b teilt dann ununterbrochen eine ganz genau bestimmte Menge des Stoffes ab und läßt sie über die Rinne m in das eigentliche Mischgefäß laufen (siehe Bild 79).

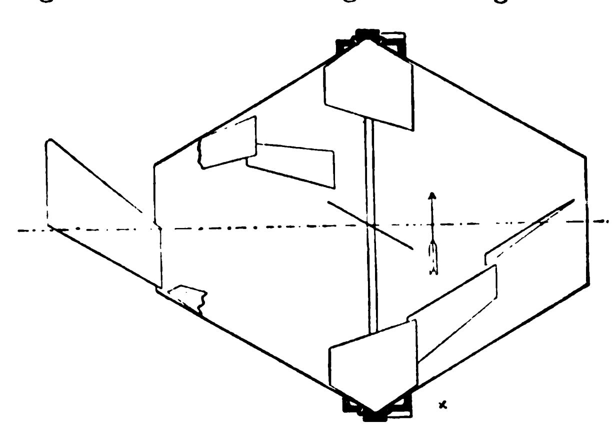


Bild 75. Anordnung der Blechschaufeln.



Bild 76. Smith-Mischer für Handbetrieb.

Handelt es sich nun darum, mehrere Stoffe in einem ganz bestimmten

Verhältnis zu mischen, so kann man für jeden Stoff eine einzelne der im Bilde 79 dargestellten Vorrichtungen aufstellen, und durch Einstellung des Messers b ununterbrochen die gewünschten Mengen der zu mischenden Stoffe abteilen. Einfacher ist es aber, die im Bilde 80 schematisch dargestellte Anordnung zu treffen. Wir sehen hier zwei übereinander liegende Platten a und a' mit den dazu gehörigen Messern b und b' und ineinander gesteckten Zilindern c und c', welche durch die

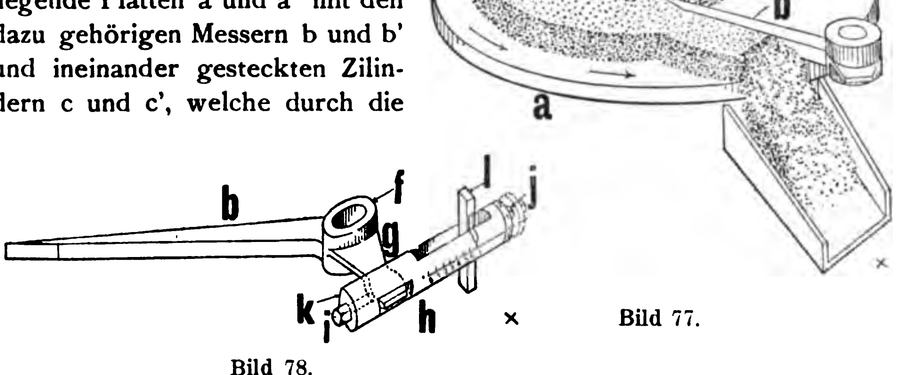



Bild 78.

Bild 77.

Arme e und e' mit der Achse n verbunden sind. Die beiden zu mischenden Stoffe laufen über die Rinnen d und d' in die zugehörigen Zilinder ein und werden von den Messern b und b' in gewünschtem Mengenverhältnis in die gemeinsame Ablaufrinne o gestrichen. Ohne Zweifel muß es auch gelingen, auf dieselbe Weise drei und vier verschiedene Stoffe abzuteilen. Handelt es sich um die Mischung teilweise großstückiger Stoffe, wie dies bei der Betonherstellung der Fall ist, so ist zu beachten, daß der untere Rand des Zilinders c so hoch über den oberen Rand des Messers b stehen muß, daß auch die größten Stücke des abzuteilenden Stoffes, hier also des Kieses oder Schotters, noch zwischen Messer und Zilinder leicht durchschlüpfen können, damit kein Festklemmen eintritt. Die Einlauftrichter für die Füllung der Zilinder können so angebracht sein, daß die in den Zilinder befindlichen Stoffe selbst die Oeffnungen des Einlaufes abschließen, wodurch der Inhalt der Zilinder selbsttätig in gleicher Höhe gehalten wird.

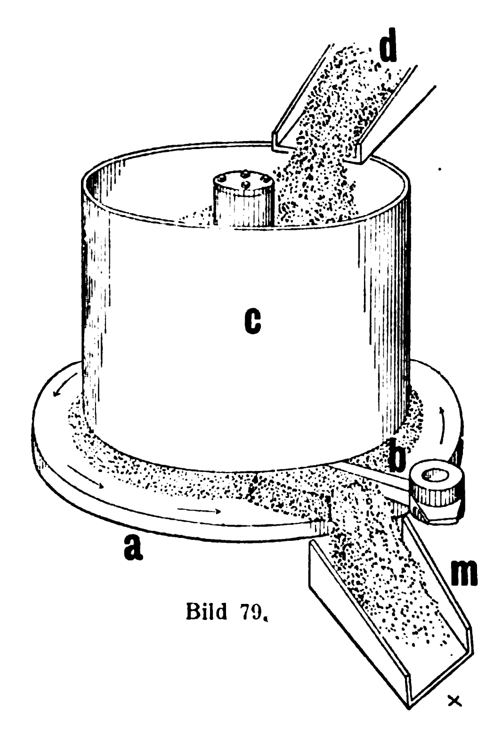



Bild 79.

Bild 81 zeigt die Anordnung in einer Verbindung mit einer Betonmischmaschine. Der innere Zilinder a nimmt den Zement auf, der nächste b den Sand, und der äußerste c den Schotter. Die Anordnung der Einlaufe d kann nach Belieben getroffen werden. e ist die Einzelvorrichtung für die Messer, f eine sich selbsttätig einstellende Wasserbrause, g ist der Mischtrog. Die Einstellvorrichtung der Messer ist unter Verschluß, sodaß außer dem verantwortlichen Beamten niemand eine Aenderung in den Mischungsverhältnissen herbeiführen kann.

So verlockend diese Teilvorrichtung ist, so ist zu bedenken, daß deutsche Erfindungen, welche auf den gleichen Grundgedanken aufgebaut waren, keinen Eingang gefunden haben. Es sei nur an die Jochumsche Teilmaschine erinnert. Die Maschinen arbeiten tadellos, sobald die Beschikkung der Vorratsräume gleichmäßig hoch gehalten wird. Dieses ist jedoch nicht durchführbar. Wenn es eine Vorrichtung gäbe, welche dies bewerkstelligt, so wäre die Teilvorrichtung überflüssig. Je nach der Höhe der Füllung wird der austretende Kuchen dicker oder dünner. Ferner ist ein geringer Feuchtigkeitsunterschied, welcher bei den Füllstoffen unvermeidlich ist, von sehr grossem Einfluß auf die Kuchenbildung, so daß die Maschine für die Betonindustrie nur höchst selten Anwendung finden kann.

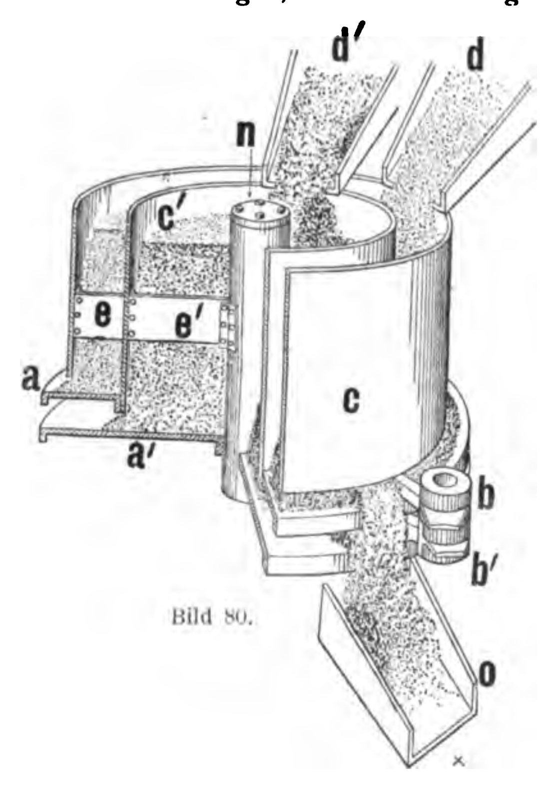


Bild 80.

Eine hervorragende Leistung soll durch eine feststehende Mischmaschinenanlage erzielt worden sein, die mit einem doppelten Beschickungshebewerk versehen und im Bilde 82 dargestellt ist. Die Anlage ist für große Leistungen eingerichtet, denn es können täglich mit ihr 30 bis 40 cbm Beton oder Mörtel gemischt werden, wozu 10 bis 12 PS. erforderlich sind. Zum Antrieb ist ein Benzinmotor vorgesehen, der in ein besonderes gut schließendes Blechgehäuse eingebaut ist. Die Anlage empfiehlt sich, vorausgesetzt, daß die Anpreisung auf Wahrheit beruht, für größere Zementwarenwerke, in denen es hauptsächlich auf Massenherstellung einer bestimmten Warengattung ankommt. Eine solche Anlage war im Jahre 1905 auf der ersten Ton-, Zement- und Kalkindustrie-Ausstellung

von der Maschinenfabrik Rhein & Lahn, Gauhe, Gockel & Co. ausgestellt und täglich im Betriebe zu sehen. Das Bild 82 ist nach einer photographischen Aufnahme dieser Anlage, die das Interesse der Betonfachleute in hohem Maße erregte, angefertigt.

In neuerer Zeit wird eine eigenartig gebaute Trommelmischmaschine schweizerischen Ursprungs auch in Deutschland vielfach verwendet. Die Maschine wird von Robert Aebi & Co., Leipzig-Plagwitz, in den Handel gebracht. Die Mischtrommel dieser Maschine besteht aus zwei nahezu halbkugelförmigen Hohlkörpern, welche gegeneinander verschiebbar auf einer Welle angeordnet sind. Wenn die beiden Kugelabschnitte sich mit ihren Rändern berühren, so entsteht ein geschlossener Hohlraum, in welchem das Mischgut durch einen Schütttrichter eingeführt wird. Das

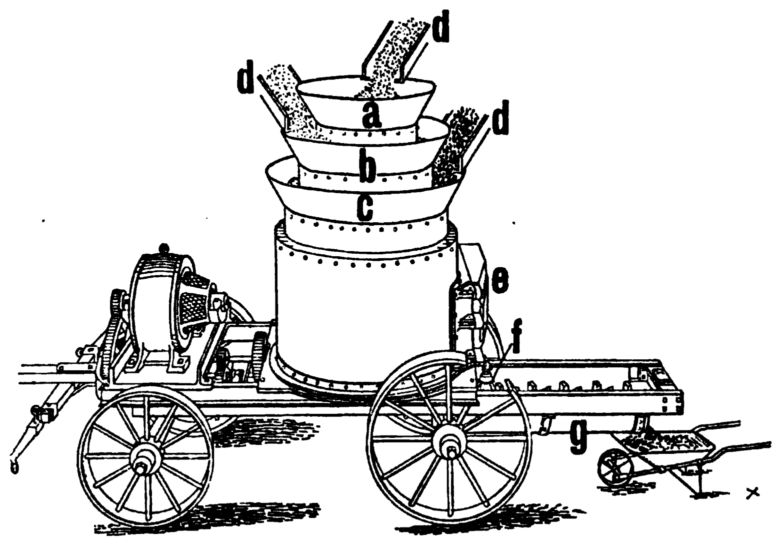



Bild 81.

Schließen und Oeffnen des Mischkörpers erfolgt durch den auf unseren Bildern 83 und 84 sichtbaren rechts- und linksgängigen Schraubengang. Die Maschine ist mit einer Aufzugsvorrichtung für die Rohstoffe versehen. Der Betrieb erfolgt derartig, daß die Mischung des Betongemenges durch freien Fall erfolgt. Schaufel- und Mischarme sind in der Trommel nicht vorhanden. Wenn das Gemenge genügend gemischt ist, erfolgt die Entleerung der Mischtrommel dadurch, daß man durch Einrücken eines Hebels die Kugelabschnitte voneinander entfernt. Unser Bild 83 zeigt die Trommel in geschlossenem Zustande, Bild 84 in geöffnetem, wobei die fertige Betonmasse aus dem zwischen den beiden halbkugelförmigen Körpern entstandenen Zwischenraum die Trommel verläßt und in untergestellte Kippwagen entleert wird. Um die Trommelhälften wieder zu einem Ganzen zu verbinden, hat man nur nötig, einen anderen Hebel

umzulegen, worauf sich die Trommel wieder schließt und eine neue Menge Mischgut eingebracht werden kann. Die Trommel dreht sich also fortwährend und es ist nicht notwendig, zum Füllen und Entleeren die Maschine anzuhalten.

Unser Bild 85 zeigt eine kleinere Ausführung, welche für Handbetrieb eingerichtet ist.

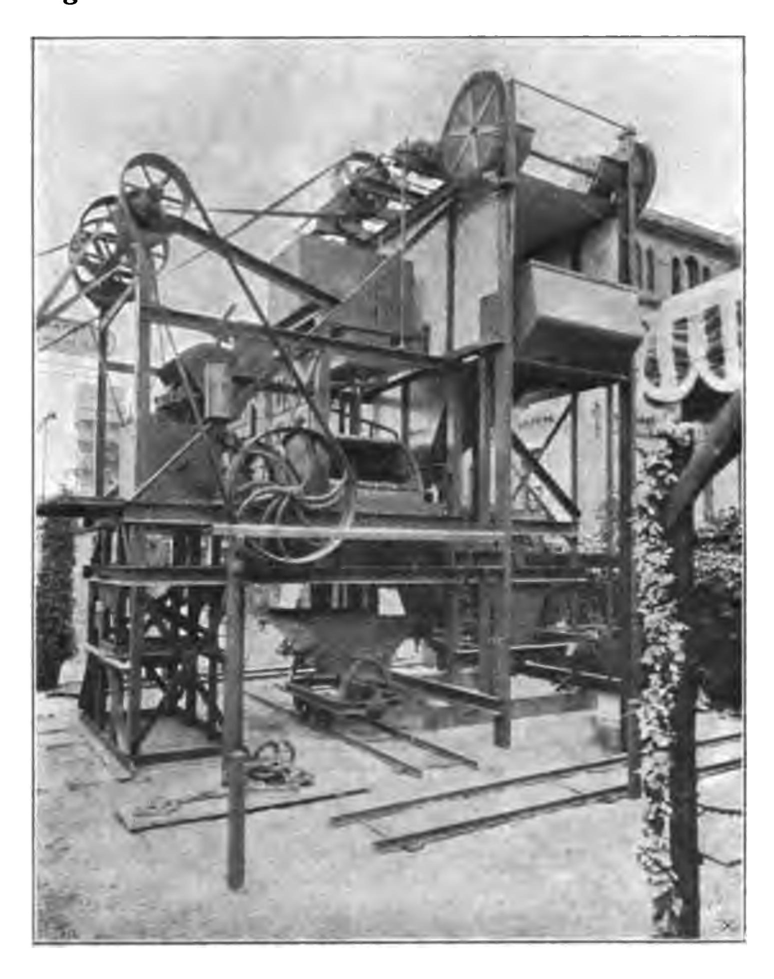


Bild 82. Vollständige Betonmischungsanlage für große Leistung bei ortsfestem Betrieb.

Bei großen Betonbauwerken, bei welchen es sich um die Herstellung bedeutender Mengen Betonmasse handelt, die in kurzer Zeit verarbeitet werden müssen, spielt die Mischanlage naturgemäß eine sehr große Rolle, denn es bedarf keiner weiteren Ueberlegung, daß man bei richtiger Anordnung der Betonmischanlage hier sehr viel Geld sparen kann. Je nach Art des Bauwerkes wird man zwischen einer ortsfesten und einer beweglichen Anlage zu wählen haben. Die ortsfeste Anlage

wird überall da am Platze sein, wo es sich um räumlich wenig ausge-

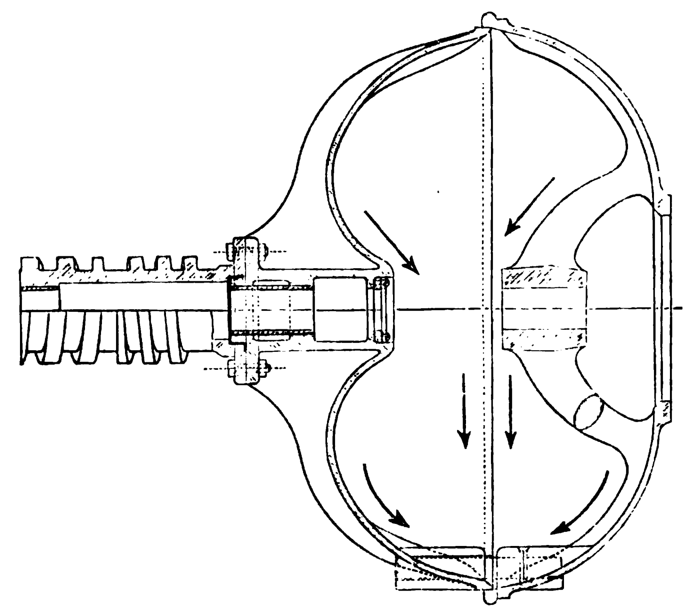


Bild 83. Trommel in geschlossenem Zustande.

dehnte Baugruben handelt. Bei Baugruben, die eine größere Längen-

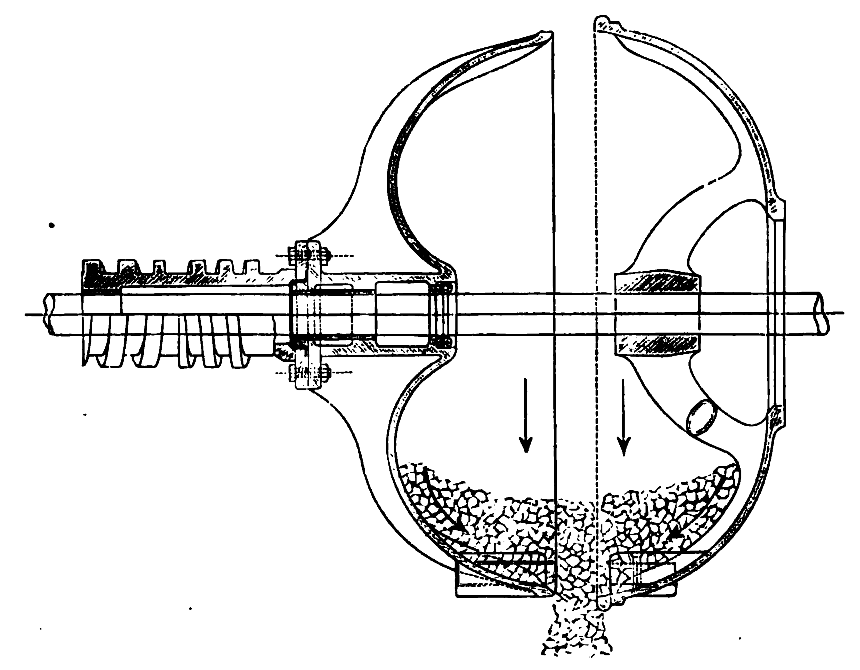


Bild 84. Geöffnete Trommel während der Entleerung.

ausdehnung haben, wie z. B. bei großen Kanalisationsarbeiten, Uferbefestigungen, Kaimauern und ähnliche Bauten, die mitunter hunderte von

Metern in der Länge messen, wird man vorteilhaft fahrbare Betonmischanlagen verwenden.

So wurden beim Bau eines Wellenbrechers für den Hafen der amerikanischen Stadt Galveston zwei besonders gut durchdachte Mischanlagen verwendet, welche außerordentlich vorteilhaft arbeiteten und für die



Bild 85. Handmischmaschine Bauart Aebi.

Anlagen zum Mischen großer Mengen Betonmasse vorbildlich sein können. Unsere Bilder 86—91 zeigen die Einzelheiten dieser Anlage und den Betrieb derselben auf dem Bauplatze. Es handelte sich dabei um die Herstellung von 97000 cbm Betonmauerwerk, das in möglichst kurzer

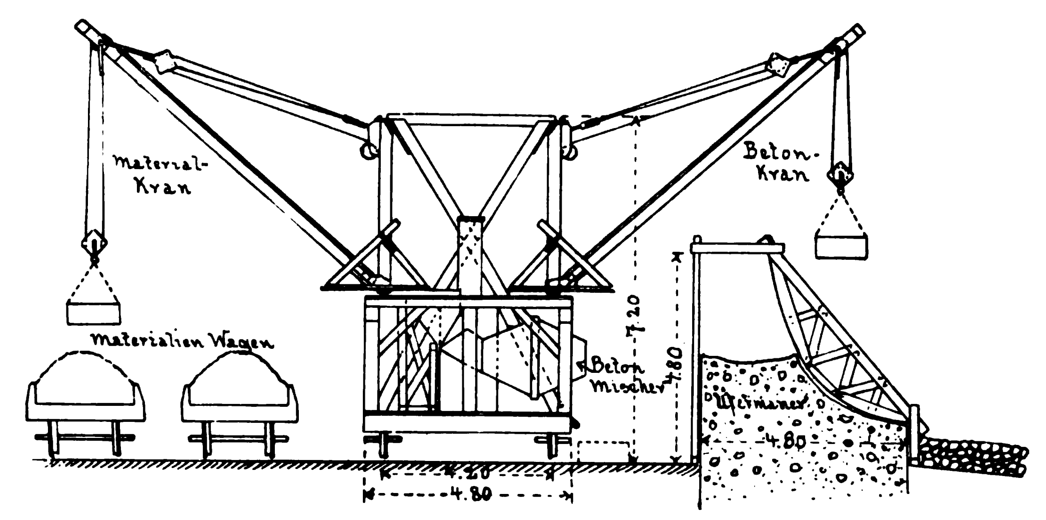



Bild 86. Mischanlage für den Hafenbau in Galveston.

Zeit fertiggestellt werden mußte. Jede Anlage lieferte täglich 230 bis 270 cbm Betonmasse. Die ganze Einrichtung ist auf einem 10,37 m langen und 4,88 m breiten, vierachsigen Wagen mit doppeltem Verdeck aufgebaut. Der Dampfkessel, die Dampfmaschinen und der Betonmischer liegen auf der unteren Plattform, während das obere Verdeck als

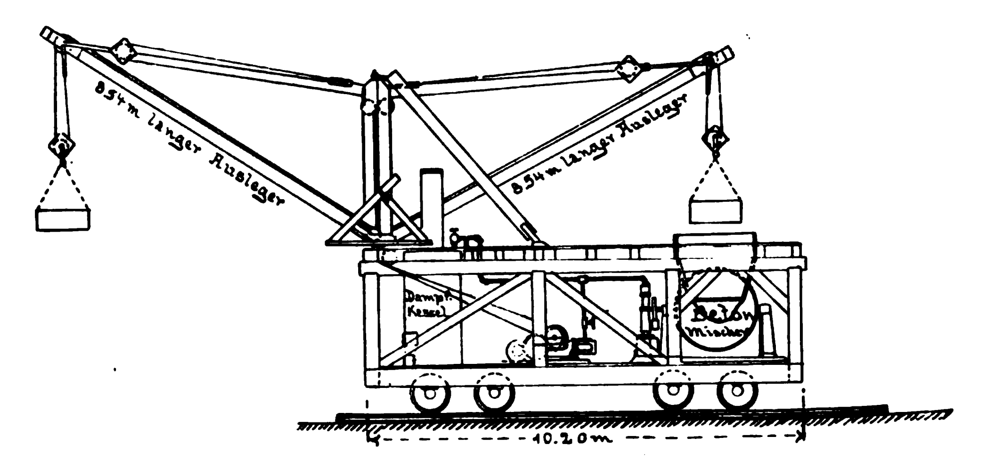



Bild 87. Mischanlage von der Seite gesehen.

Bild 88. Mischanlage vom Hafenbau in Galveston im Betriebe.

Arbeitsplatz eingerichtet wurde. Am vorderen Ende des Wagens sind zwei um $270^0$ drehbare Krane mit 8,54 m langen Auslegern angeordnet, die je von einem Maschinisten bedient werden. Der eine Kran dient zur Beförderung der Mischstoffe, der andere zum Verbringen der Betonmasse an die Baustelle. Das Mischgut wird aus den Eisenbahnwagen in die $^3/_4$ cbm enthaltenden Kästen eingeladen, um durch den einen Kran auf das obere Verdeck befördert und dort ausgeschüttet zu werden, von wo aus es dann in abgemessenen Mengen in den auf dem unteren Verdeck stehenden Trommelmischer geschüttet wird. Nach Fertigstellung der Betonmasse wird der Mischer in einen bereit stehenden Kasten entleert,

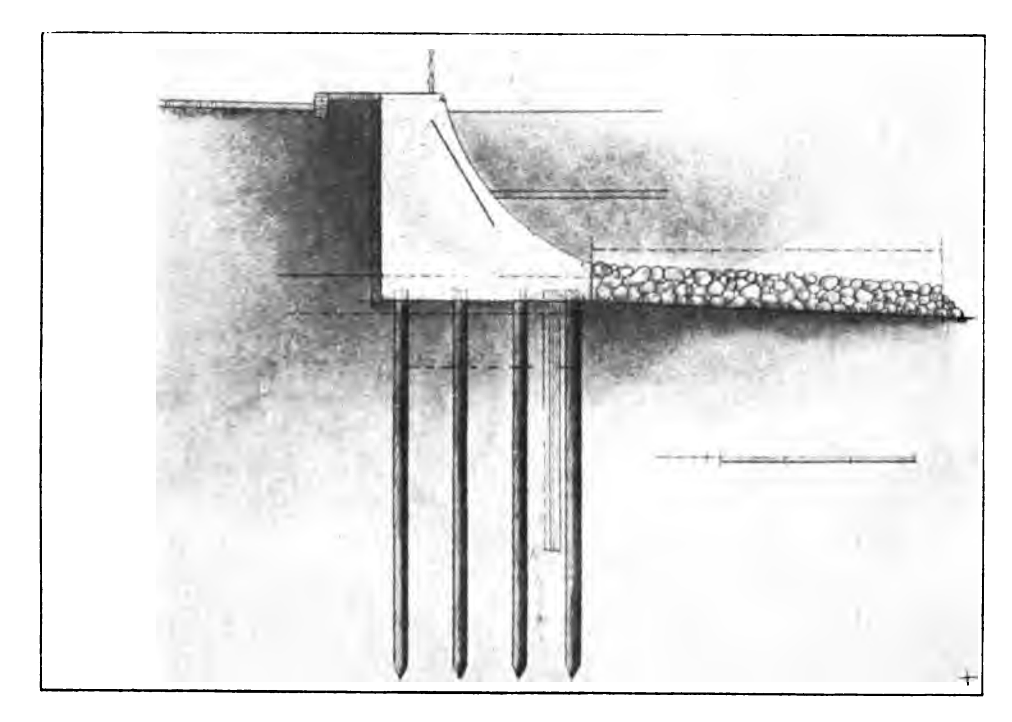


Bild 89. Querschnitt durch den Wellenbrecher.

der alsdann von dem anderen Kran auf die Mauer hochgehoben und dort an der Verwendungsstelle entleert wird. Die Lasthebung, sowie das Drehen der Krane wird durch Dampfmaschinen bewirkt; für jeden Kran ist eine besondere liegende Dampfmaschine von 12 PS., für den Betonmischer eine stehende Dampfmaschine von 16 PS, vorgesehen. Der erforderliche Dampf wird von einem stehenden 2,75 m hohen Siederohrkessel von 1,53 m Durchmesser erzeugt. Die Fortbewegung des Wagens erfolgt durch eigene Kraft.

Wie gewaltig die gelieferten Arbeiten gewesen sind, ist deutlich aus den Bildern 90—92 zu ersehen. Bild 89 zeigt den Querschnitt des Wellenbrechers und zwar beträgt die Höhe des Betonklotzes 5,00 m, die Breite

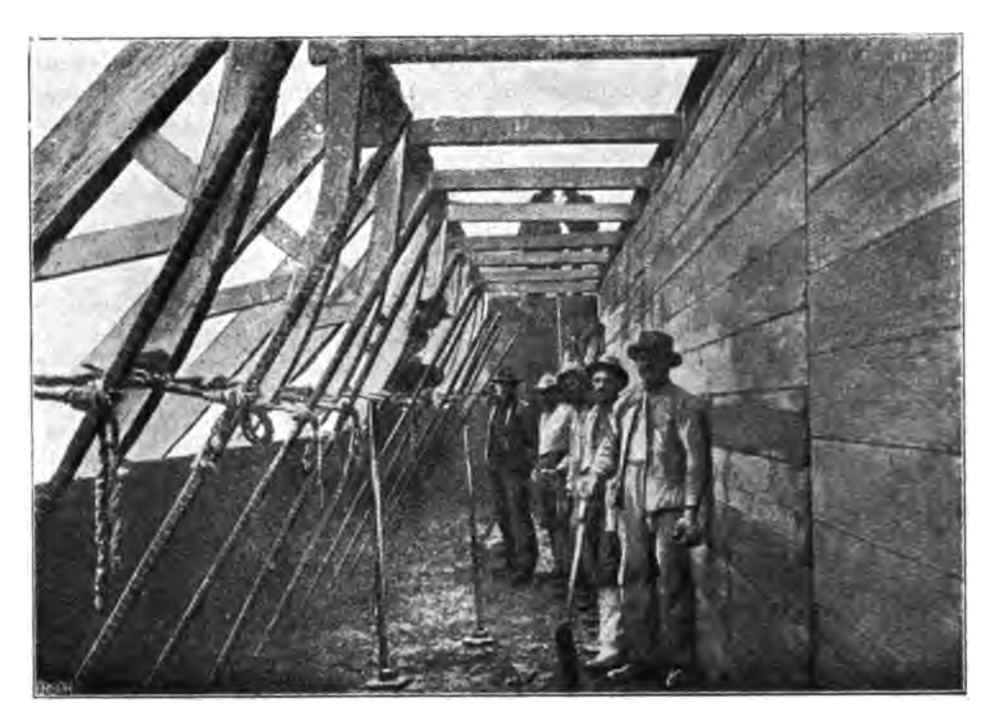


Bild 90. Stampfform für den Wellenbrecher.



Bild 91. Ansicht des fertigen Bauwerks.

desselben am Fuße 4,80 und an der Krone 1,50 m. Der Klotz ruht auf einem aus 4 Reihen 13,20 m langer Holzpfähle bestehenden Pfahlrost, zwischen dessen beiden äußersten Pfahlreihen eine Spundwand eingerammt ist, um einer Unterwaschung des Bauwerkes nach Möglichkeit vorzubeugen. Bild 90 zeigt das Innere der gewaltigen Stampfform mit den in ihr beschäftigten Arbeitern. Man bekommt beim Betrachten dieses Bildes einen Begriff, um welche große Mengen Beton es sich hier gehandelt hat. Sieht man sich aber das Bild 91 an, welches das vollendete Bauwerk darstellt, und bedenkt dabei, daß dieses Riesenbauwerk innerhalb zweier Jahre fertiggestellt wurde, so wird man zu der Ueberzeugung gelangen, daß auch der größte Bedarf durch eine geeignete Mischanlage ohne besondere Schwierigkeiten zu decken ist.

---

# Verarbeitung der Betonmasse und Behandlung des Betons.

---

Wie schon mehrfach erwähnt wurde, ist es von großer Wichtigkeit für die Festigkeit des Betonbauwerkes, daß die Betonmasse möglichst kurze Zeit nach dem Mischen an Ort und Stelle zur Verarbeitung gelangt. Betonmasse, die schon längere Zeit vor dem Verbrauch gemischt ist, oder gar schon Zeichen zeigt, daß sie im Abbinden begriffen ist, ergibt immer geringere Festigkeiten. Deshalb ist es notwendig, die Betonmasse möglichst sofort an Ort und Stelle zur Verarbeitung zu bringen und es muß deshalb die Größe der Mischanlage dem Bedarf genau angepaßt werden.

Im Gegensatz zu anderen Baustoffen erfordert der Betonbau jedoch auch noch dann besondere Sorgfalt, wenn die Betonmasse an Ort und Stelle verarbeitet ist. Dies kommt daher, daß dem Abbinden der Betonmasse das Erhärten derselben folgt, d. h. frischer Beton erst dann seine volle Festigkeit erreicht, wenn der Erhärtungsvorgang beendet ist. Die geforderte Festigkeit erreicht er also erst im Laufe der Zeit. Der Erhärtungsvorgang, welcher nach dem Verbringen der Masse und nach dem Abbinden eintritt, verläuft in sehr verschiedenen Zeiträumen, je nach den Mischungsverhältnissen und dem Wetter, welchem die Betonarbeiten ausgesetzt sind. Man kann annehmen, daß ein Bauwerk aus Beton erst nach 1 bis 2 Jahren seine volle Festigkeit erreicht, und es ist aus diesem Grunde notwendig, das frische Mauerwerk sorgfältig zu behandeln, damit der Erhärtungsvorgang nicht gestört wird und alles getan wird, um die Erhärtung zu begünstigen. Wir wollen nachstehend die einzelnen Punkte, worauf es dabei ankommt, näher beleuchten.

Schon beim Abbinden der Betonmasse muß man von vornherein darauf achten, daß das Abbinden erfolgen kann, ohne daß das frische Betonmauerwerk Erschütterungen ausgesetzt wird. Es dürfen also über soeben fertig gestellten Beton keine schweren Lasten hin und her geworfen werden, oder sonst Erschütterungen verursachende Arbeiten in der Nähe vorgenommen werden. Das frische Betonmauerwerk ist also möglichst vollständiger Ruhe zu überlassen. Ferner ist der frische Beton sorgfältig vor allzuschneller Austrocknung zu bewahren, ein Umstand, der oft verabsäumt wird, und der die übelsten Folgen für die

Festigkeit des Bauwerkes nach sich zieht. Aus diesem Grunde muß das frische Mauerwerk vor Sonnenschein und Wind bewahrt werden, weil Sonnenschein und Wind dem frischen Beton sehr schnell das ihm zum Abbinden notwendige Wasser entziehen. Es ist deshalb dringend erforderlich, die frischen Betonbauwerke mit Brettern oder Decken gegen diese Einflüsse zu schützen und die Flächen gut naß zu halten. Auch der Erhärtungsvorgang wird gestört, wenn das Bauwerk nicht naß gehalten wird, abgesehen davon, daß hierdurch die Bildung von Haarrissen begünstigt wird.

Ein dritter Punkt ist die Frage, zu welchem Zeitpunkt die Verschalung zu entfernen ist, denn es ist klar, daß die Verschalung erst dann ohne Schaden für das Bauwerk entfernt werden kann, wenn bei letzterem der Abbinde- und Erhärtungsvorgang soweit vorgeschritten ist, daß es sich in sich selbst ohne Gefahr tragen kann. Bestimmte Regeln hierüber lassen sich allerdings nicht gut geben, da es sehr auf die Gestalt des Bauwerkes, auf die Größe desselben und auf die Witterungsverhältnisse ankommt. Im allgemeinen kann man jedoch sagen, daß man in den meisten Fällen keinen Fehler begeht, wenn man die Stampfschalung möglichst lange an Ort und Stelle läßt. Jedenfalls dürfen die Schalungen nicht früher entfernt werden, als bis der Beton eine genügende Härte erreicht hat.

Jede Betonarbeit muß möglichst ohne Arbeitsunterbrechung von Anfang bis zu Ende durchgeführt werden und es ist von sehr wesentlichem Einfluß, ob dies inne gehalten wird oder nicht. Wenn man auf älteren Beton, welcher schon im Abbinden begriffen oder gar schon im Erhärten begriffen ist, frische Betonmasse aufbringt, so hält es äußerst schwer, die frische Masse sicher mit dem älteren Beton zu verbinden. Dies liegt in erster Linie daran, weil der Beton nach dem Abbinden etwas schwindet. Der Abbindevorgang ist stets von gewissen Raumveränderungen in der Masse begleitet, die kurze Zeit nach dem Abbinden zum Stillstand gelangen. Ist dies schon eingetreten, so ist es fast unmöglich, eine innige Verbindung der Betonschichten miteinander herzustellen. Aus diesem Grunde sorgt man dafür, daß bei Stampfbeton die einzelnen Schichten der Betonmasse nicht mehr als 15 cm Höhe betragen und daß die nächste Stampfschicht unmittelbar nach dem Einstampfen der ersten Schicht aufgebracht wird. Wenn hierbei mit der nötigen Umsicht zu Werke gegangen wird, so erhält man bei der Fertigstellung ein vollständig gleichartiges Bauwerk, welches in allen seinen Teilen, auf die Querschnittseinheit bezogen, nahezu gleiche Festigkeiten zeigen wird. Beachtet man diesen Punkt jedoch nicht, so erhält man ein Bauwerk, bei dem die einzelnen Stampfschichten zwar aus einem Ganzen bestehen, aber der Zusammenhang der Stampfschichten untereinander zu wünschen übrig läßt, was natürlich auf die Festigkeit des Bauwerkes höchst nachteilig einwirkt. Um dies an einem Beispiel

klar zu machen, wird dann das Betonbauwerk sich ähnlich verhalten wie ein Quaderbau, bei dem es verabsäumt wurde, die einzelnen Quadern gehörig miteinander durch ein passendes Bindemittel zu verbinden, während wir im anderen Falle das fertige Bauwerk mit einem aus dem Felsen herausgehauenen aus einem Stück bestehenden Bauteil vergleichen können. Wenn wir z. B. eine Treppenstufe aus einzelnen sorgfältig behauenen Granitstücken zusammensetzen, welche durch ein Bindemittel miteinander verkittet sind, so wird diese Stufe unter keinen Umständen die gleiche Tragfähigkeit besitzen, als eine aus einem Stück bestehende Stufe, welche aus dem gleichen Granit vom Steinhauer aus dem Felsen herausgearbeitet ist, denn auch die sorgfältigste Verkittung kommt niemals dem innigen Zusammenhange gleich, welche gewachsene Steine in ihren Einzelteilen besitzen. Die mit einem Bindemittel hergestellte Fuge bleibt auch bei sorgfältigster Ausführung fast immer die schwächste Stelle des Bauwerks, es sei denn, daß die Eigenfestigkeit des Bindemittels die des eigentlichen Baustoffes bedeutend übersteigt und die Haftfestigkeit des Bindemittels größer als die Scherfestigkeit des Baustoffes ist.

Da aber bei einem sachgemäß ausgeführten Betonbauwerk Fugen zwischen den Stampfschichten nicht vorhanden sind, so ist hier der schwache Punkt, den sonst alle aus Einzelteilen zusammengekitteten Bauwerke aufweisen, nicht vorhanden.

## Stampfbeton.

Wie wir bereits wissen, kann man die Betonmasse je nach dem geringeren oder größeren Wasserzusatz mehr oder weniger breiig machen. Wir haben auch bereits gesehen, daß zum Abbinden und Erhärten eine gewisse Menge Wasser vorhanden sein muß. Wir wissen aber auch ferner, daß ein Ueberschuß an Wasser schädlich auf die Festigkeit des Betons einwirkt, weil im ersten Falle durch das Stampfen sich die Teilchen besser berühren können, während im anderen Falle die zwischen den Teilchen befindliche Wasserschicht die innige Berührung erschwert. Natürlich kann man die Stampfbetonmasse mehr oder weniger naß verarbeiten, jedoch darf dabei der Wasserzusatz nicht so groß werden, daß eine breiige Betonmasse entsteht, die ein Einstampfen überhaupt unmöglich macht. Wir werden später sehen, unter welchen Umständen man weichere Masse anwenden muß.

Das Stampfen der Betonmasse hat also erstens den Zweck, die innige Berührung der einzelnen die Füllstoffe umgebenden Mörtelschichten herbeizuführen und ferner, die Füllstoffe gewissermaßen zwischeneinander einzukeilen, wobei die in der Betonmasse enthaltene Luft entweichen muß. Gut gestampfte Betonmasse darf nach dem Abbinden keine Hohlräume irgend welcher Art zeigen. Auf dem Bruch muß sie von gleichartig zusammengesetztem Korn sein und sozusagen ein kristallinisches Gefüge aufweisen. Ob genügend eingestampft ist, erkennt man bei Ausführung der

Stampfarbeit daran, daß die Masse anfängt, elastisch zu werden und sich auf der Oberfläche der Stampfschicht etwas Wasser zeigt.

Harte Betonmasse. Zuerst wollen wir uns mit der harten Betonmasse beschäftigen, welche im großen und ganzen genommen am meisten bei Stampfbetonarbeiten zur Verwendung gelangt. Der Wassergehalt der Betonmasse soll so bemessen sein, daß sich die Masse wie feuchte Gartenerde gerade in der Hand ballen läßt. Eine richtig hergestellte harte Betonmasse muß den Eindruck des Stampfers annehmen und darf während des Stampfens nicht das Bestreben zeigen, wieder den vor der Berührung mit dem Stampfer inne gehabten Raum einzunehmen. Der Wasserzusatz ist dann richtig bemessen, wenn sich nach genügendem Einstampfen auf der Oberfläche ein schlammartiger Ueberzug zeigt.

Es sei noch hervorgehoben, daß harte Betonmasse sehr schnell in weiche übergeht, wenn der Wasserzusatz auch nur um ein weniges erhöht wird. Aus diesem Grunde muß man durch Vorversuche den Wasserbedarf feststellen und man tut gut, bevor man die erforderliche Uebung besitzt, anfänglich lieber etwas weniger Wasser zu nehmen, als des Guten zuviel darin zu tun.

Wenn die Betonmasse in die Formen eingebracht ist, über deren Aufbau in einem späteren Abschnitt noch genaueres gesagt werden soll, so verteilt man sie mittelst einer Hacke möglichst gleichmäßig, sodaß eine regelmäßig starke Schicht von etwa 10 bis 15 cm entsteht. Zum Einstampfen bedient man sich am besten eiserner Stampfer, wie solche im Bild 92 dargestellt sind. Diese Stampfer müssen je nach dem Verwendungszweck naturgemäß in der Form des Schuhes verschieden sein und werden sich in dieser Beziehung immer dem herzustellenden Bauwerk anzupassen haben. Diese Stampfer dürfen nicht so schwer sein, daß ihre Handhabung durch einen kräftigen Mann erschwert wird, sie dürfen aber auch, um wirksam behandelt werden zu können, nicht zu leicht ausfallen. Beim Stampfen hat man zunächst dafür zu sorgen, daß besonders die Ecken und Kanten gut ausgefüllt sind, weil sich später etwaige Mängel nicht gut wieder ausgleichen lassen. Das Einstampfen darf nicht planlos geschehen, sondern es muß dabei eine bestimmte Ordnung inne gehalten werden. Es darf kein einziger Fleck der Oberfläche dabei übergangen werden, deswegen ist es notwendig, das Stampfen reihenweise vorzunehmen und zwar dergestalt, daß die Fläche des Stampfers bei jedem neuen Stampfschlage etwas über die beim vorigen Schlage getroffene Fläche übergreift. Das Stampfen soll zunächst mit leichten Schlägen erfolgen, weil hierbei die Füllstoffe sich gleichmäßiger verteilen und bei den leichten Stampfschlägen gewissermaßen besser Gelegenheit finden, sich ein gutes Lager zu machen, was bei starken Schlägen nicht so leicht möglich ist. Nachdem man einmal die zu bearbeitende Fläche mit leichten Schlägen durchgearbeitet hat, stampft man ein zweites Mal mit kräftigeren Schlägen

durch, wobei man darauf achtet, daß diesmal die Stampfschläge nicht auf die gleichen Stellen der ersten Stampfung fallen, sondern dazu versetzt, sodaß etwa vorhandene Ungleichheiten der ersten Stampfung hierbei wieder ausgeglichen werden. Ferner muß man darauf achten, daß die Stampfschläge möglichst gleichförmig stark gehalten werden, nur in den Ecken und an den Kanten soll man etwas kräftiger den Stampfer handhaben, weil die Erfahrung gezeigt hat, daß hier am leichtesten Hohlräume entstehen. Das Stampfen wird, nachdem die ganze Fläche abgerammt ist, nochmals wiederholt und es wird in den meisten Fällen ein dreimaliges Uebergehen der Stampffläche mit dem Stampfer genügen, um dem Beton hinreichende Dichte zu verleihen und die Kennzeichen einer genügend gestampften Masse hervorzurufen. Wie wir schon oben sagten, soll solange gestampft werden, bis die Fläche sich mit einem schlammartigen Häutchen überzieht und das in der Betonmasse enthaltene Wasser deutlich an der Oberfläche sichtbar wird. Das Sichtbarwerden des Wassers ist ein Zeichen, daß die von Mörtel umgebenen Füllstoffe sich so dicht aneinander gelagert haben, daß sie sich tatsächlich von allen Seiten berühren. Solange das Wasser nicht an der Oberfläche erscheint, ist anzunehmen, daß noch mit Feuchtigkeit gefüllte Zwischenräume in der Betonmasse enthalten sind.

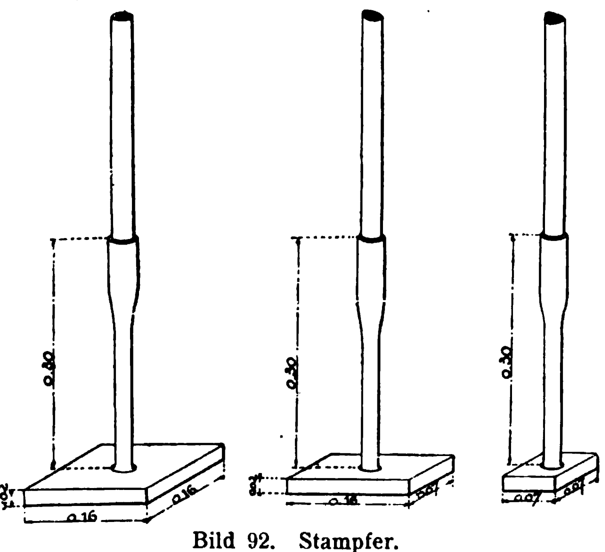


Bild 92. Stampfer.

Hat man auf die eben beschriebene Weise die Stampfschicht zu genügender Dichte gebracht, so muß sofort das Aufbringen neuer Betonmasse erfolgen. Es ist aus diesem Grunde notwendig, daß inzwischen wieder soviel Masse gemischt ist, als man zu einer neuen Stampfschicht benötigt. Man muß deswegen die Größe der Stampffläche so wählen, daß diese Bedingung unter allen Umständen innegehalten werden kann. Insbesondere wird man sich hüten müssen, eine zu große Fläche durch zu wenig Arbeiter stampfen zu lassen. Wie groß diese Flächen sein müssen, ist ohne weiteres nicht zu sagen, sondern es muß von dem vernünftigen Ermessen des Bauleiters abhängen, wie er seine Anordnungen in dieser Beziehung zu treffen hat.

Bei gröberer Betonmasse, welche verhältnismäßig große Schotterstücke in sich schließt, darf man die Fläche des Stampfers nicht zu groß wählen.

Dagegen ist es bei feinerer Betonmasse zweckentsprechend, eine möglichst große Stampffläche des Stampfers zu benutzen, weil die kleineren Füllstoffe schon bei einem geringeren Druck nachgeben und die Stärke des Druckes von der Größe der Fläche des Stampfers in gewisser Beziehung abhängig ist. Natürlich muß man sich hüten, so stark zu stampfen, daß die Füllstoffe zerbrechen, weil es dann unausbleiblich ist, daß die Mörtelschicht an manchen Stellen die frischen Bruchflächen nicht ganz einhüllen wird und auf diese Weise die innige Verbindung der Einzelstoffe gehindert wird. Wenn es angängig ist, soll man stets von oben nach unten stampfen, weil hierbei die Gleichmäßigkeit der Stampfstöße, welche in erster Linie durch die Schwere des Stampfers beeinflußt wird, am gleichmäßigsten erfolgt. Man kann jedoch auch ohne Schaden in schräger Richtung oder seitlich einstampfen, wenn dies erforderlich ist, nur muß man dabei auf möglichst gleichmäßiges Stampfen achten. In vielen Fällen wird sich ein seitliches oder schräges Stampfen nicht umgehen lassen. Bei langgestreckten Bauwerken, Grund- und aufgehenden Mauern und dergleichen soll man es sich zur Regel machen, die ganze Länge auf einmal in Angriff zu nehmen, sodaß das Mauerwerk in seiner ganzen Ausdehnung gleichzeitig hoch geführt wird. Wenn man diese Vorsicht nicht beachtet, so ist es unausbleiblich, daß sich bei den einzelnen Anschlußstellen gewissermaßen Fugen bilden, die eine innige Verbindung verhindern, weil, ehe man das Stück vollendet hat, die Betonmasse in den unteren Lagen meistens schon abgebunden haben wird und infolgedessen ein sicherer Anschluß der frischen Betonmasse nicht erreicht werden kann. Das Stampfen ist an und für sich keine leichte Arbeit und so einfach wie es aussieht, bedarf es doch großer Aufmerksamkeit und Ueberlegung, wenn man Erfolg erzielen will. Man muß stets darauf halten, daß man möglichst geübte und verständige Arbeiter zu den Stampfarbeiten verwendet, wie überhaupt der ganze Betonbau viel mehr Aufmerksamkeit erfordert, als der Fernstehende anzunehmen geneigt ist. Die Behandlung des Betons erfordert im großen und ganzen viel mehr Gewissenhaftigkeit und Umsicht, als dies beim Bauen mit anderen Baustoffen im allgemeinen üblich ist. Leider wird in dieser Beziehung viel gefehlt und es kann dann nicht ausbleiben, daß Mißerfolge eintreten und der gewissenhafte Betonbauunternehmer sollte sich in erster Linie bestreben, sich einen Stamm ordentlicher, verständiger und gewissenhafter Arbeiter heranzubilden.

Ueber die Anforderungen, welche in bezug auf die handwerksmäßige Ausbildung guter Betonarbeiter zu stellen sind, hielt Ingenieur H. Weidner gelegentlich der vorjährigen Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins folgenden beachtenswerten Vortrag:

Die kräftig aufstrebende Beton- und Eisenbetonindustrie erfordert dringend eine mit Betonarbeiten genau vertraute Mannschaft. Die Entwickelungsstufe, auf welcher heute der Betonbau steht, gestattet nicht

mehr, Betonarbeiten durch den ersten besten Arbeiter ausführen zu lassen, wenn man nicht Gefahr laufen will, Mißerfolge zu erzielen und die Sicherheit der hergestellten Bauwerke ernstlich zu gefährden. Abgesehen davon, daß ein mißratenes oder schlecht ausgeführtes Betonbauwerk naturgemäß große Verluste an Geld und aufgewendeter Arbeitskraft in sich schließt, liegt die größere Gefahr darin, daß durch ein schlecht ausgeführtes Bauwerk, nehmen wir an, durch eine infolge nachlässiger Arbeit eingestürzte Betonbrücke, das kaum gewonnene Vertrauen auf den Beton- und Eisenbetonbau bei den Bauleuten schwer erschüttert wird. In den Verhandlungen des Deutschen Betonvereins ist schon vielfach darauf hingewiesen worden, daß zeitgemäße Betonbauten nur von zuverlässigen und gewissenhaften Unternehmern sachgemäß ausgeführt werden können und die Leitsätze für die Ausführung von Beton- und Eisenbetonbauten, denen der Minister im verflossenen Jahre Geltung verlieh, und die ihre Entstehung der emsigen Tätigkeit des Deutschen Betonvereins in Gemeinschaft mit dem Ingenieur- und Architektenverein in erster Linie verdanken, sprechen sich über diesen Punkt deutlich und klar aus.

Die Ausführung von Betonbauten ist also noch vielmehr eine Vertrauenssache, als die Ausführung von Bauwerken aus anderen Baustoffen. Dies hat seinen natürlichen Grund auch schon darin, daß etwaige Fehler in der Ausführung bei Betonbauten nach der Vollendung nur schwer, in vielen Fällen gar nicht zur äußeren Wahrnehmung gelangen. Wenn z. B. der Maurer seine Ziegel nicht vollfugig vermauert, einen falschen, nicht zweckentsprechenden Verband anwendet oder fehlerhafte oder schlechte Ziegel verwendet, so kann man leicht solche Mängel auch noch am fertigen Bauwerk nachweisen. Wesentlich anders liegt die Sache aber bei Betonbauten, weil hier das fertige Bauwerk die bei der Ausführung etwa begangenen Fehler in seltenen Fällen sichtbar in die Erscheinung treten läßt. Ich möchte daran erinnern, welche groben Fehler von unkundigen Leuten allein bei der Herstellung des Betonmörtels begangen werden können. Wieviel Umstände sind hierbei zu berücksichtigen! Die sachgemäße Auswahl der groben und feinen Zuschlagsstoffe erfordert beinahe noch größere Aufmerksamkeit, als die Auswahl und Prüfung des Mörtelbildners. Sie alle wissen, welche Wichtigkeit den jeweiligen Mischungsverhältnissen des Betonmörtels zuzumessen ist, und von welchem weittragenden Einfluß auf die Festigkeit des herzustellenden Bauwerkes allein die ganze Art und Weise der Mörtelherstellung ist. Aber damit noch nicht genug. Der Mörtel muß auch sachgemäß gemischt und mit dem ihm zukommenden Wasserzusatz versehen werden, bevor er zur Weiterverarbeitung gelangt.

Ebenso erfordert die Herstellung der Einschalung ein reiches Maß von Sachkenntnis und Gewissenhaftigkeit. Zu schwache und fehlerhaft aufgebaute Stampfschalungen haben in fast allen Fällen bleibende Schädigungen und unter Umständen erhebliche Einbuße in bezug auf die

Festigkeit des Bauwerkes zur Folge, welche oft verhängnisvoll werden können. Ja, man kann sogar behaupten, daß auch durch die sorgfältigste Arbeit die Fehler, welche beim Schalungsaufbau begangen worden sind, niemals wieder gut gemacht werden können.

Wenden wir uns nun der Stampfarbeit zu, so wissen Sie alle aus den an dieser Stelle gepflogenen Verhandlungen, wie wichtig die Stampfarbeit für das gute Gelingen des Werkes ist. Solange wir nicht das Stampfen auf bequeme Weise durch Maschinen bewirken lassen können, und solange wir auf die Handarbeit angewiesen sind, ist es unumgänglich nötig, zu dieser verantwortungsvollen Arbeit nur durchaus gewissenhafte, sorgfältig geschulte und vor allen Dingen willige Arbeiter heranzuziehen, da auch die sorgfältigste Ueberwachung der Arbeiter an und für sich nicht genügt, um alle schädlichen Einflüsse zu verhindern.

Beim Eisenbetonbau kommt noch ein dritter Umstand hinzu, welcher die Gefahr des Mißlingens erhöht. Ich meine das Einbringen, Befestigen und Spannen der Eiseneinlagen. Das Wesen des Eisenbetonbaues macht es zur zwingenden Notwendigkeit, daß jede Eiseneinlage genau an dem ihr zukommenden Platz unverrückbar fest in den Beton eingebettet wird. Hierauf muß umsomehr geachtet werden, weil ein Verschieben oder Ausweichen der eingebetteten Eiseneinlage später nicht mehr verbessert werden kann und der Fehler ohne Zerstörung des Bauwerkes nicht mehr festzustellen ist, sobald die Betonschicht das Eisen bedeckt. Wenn irgendwo, so ist hier die gespannteste Aufmerksamkeit und größte Gewissenhaftigkeit bei der Ausführung des Werkes dringend geboten.

Aus diesen Erwägungen heraus muß man den Schluß ziehen, daß für die Entwickelung des Beton- und Eisenbetonbaues das Pfuschertum eine viel größere Gefahr bildet, als sonst bei den bisher üblichen Bauweisen, und es mag viele unter Ihnen geben, welche durch solche Leute, denen das Wesen des Betonbaues ein Buch mit sieben Siegeln ist, schwer geschädigt worden sind. Durch die bereits vorhin erwähnte Bestimmung in dem ministeriellen Erlaß für die Ausführung von Beton- und Eisenbetonbauten, daß nur geübte und in Betonarbeiten erfahrene Unternehmer mit zuverlässigen Mannschaften Betonbauten ausführen dürfen, ist allerdings der weiteren Ausbreitung des Pfuschertums im Betonbaugewerbe ein Riegel vorgeschoben, aber, meine Herren, dies allein genügt nicht, um dem Beton- und Eisenbetonbau die Geltung und Anerkennung zu verschaffen, welche ihm seiner hervorragenden Eigenschaften wegen gebührt. Solange Sie nicht genügend geschulte Betonarbeiter in ausreichender Zahl zur Verfügung haben, wird dies Ziel schwer erreichbar bleiben.

Es dürfte deshalb die Frage, auf welche Weise der Betonbau sich die notwendigen gewissenhaften und geschulten Arbeitskräfte sichert, für Sie von hervorragender Bedeutung sein, und ich möchte versuchen, Ihre Aufmerksamkeit auf schulgerechte Ausbildung ihrer Arbeiter zu lenken.

Legen wir uns die Frage vor: „Was muß der mit der Ausführung von Betonarbeiten betraute Arbeiter können und wissen?" Um hierauf gleich die Antwort zu geben, muß ein tüchtiger Betonarbeiter soviel vom Maurerhandwerk verstehen, daß er die Mörtelverhältnisse richtig zu beurteilen versteht. Vom Zimmerhandwerk soviel, daß er das Abbinden, Aufstellen und Befestigen der Stampfschalungen und Stampfgerüste handwerksgerecht ausführen kann. In dritter Linie kommt beim Eisenbetonbau noch hinzu, daß er die nötige Geschicklichkeit und Sorgfalt besitzen muß, die Eiseneinlagen richtig zu verbinden, und sie an den ihnen vorgeschriebenen Ort sicher zu verlegen und befestigen. Kurz, er muß auch gleichzeitig außer dem Maurer und Zimmermann noch ein ziemlich geschickter Schmied und Schlosser sein. Die drei Handwerke, Maurer, Zimmermann und Schlosser oder Schmied müssen also in einem guten Betonarbeiter in einer Person vertreten sein, wenn anders er allen Anforderungen, die bei der Ausübung seines Betonhandwerkes an ihn herantreten, gerecht werden will. Ich möchte von vornherein bemerken, daß es nicht gerade leicht sein wird, genügend Leute zu finden, welche die ins Fach schlagenden Handwerke so weit beherrschen, daß sie an allen Punkten der Arbeitsstelle, gleichviel wo, mit Nutzen zu verwenden sind. Ich möchte dies auch nur als Endziel der Ausbildung hinstellen und bin mir wohl bewußt, daß in der Praxis erhebliche Schwierigkeiten der Erreichung dieses Zieles im Wege stehen. Aber, meine Herren, ein Anfang müßte nach meinem Dafürhalten gemacht werden, denn es ist leider wahr, daß es schwer hält, genügend geschulte Arbeiter, die Sie nun einmal nicht entbehren können, zu erhalten. Was auf anderen Gebieten des Handwerks geht, sollte meiner Meinung nach auch hier gehen. Wo ein Wille ist, ist auch ein Weg. Ich denke mir die Ausbildung und Heranziehung solcher Arbeiter dergestalt, daß junge Leute nach einem bestimmten Lehrplan, der von den oben gekennzeichneten Gesichtspunkten aus entworfen werden müßte, bei den Mitgliedern Ihres Vereins herangebildet werden, die dann nach vollendeter Lehrzeit eine Bescheinigung über die stattgefundene sachgemäße Ausbildung als Betonarbeiter erhalten würden. Nur auf diese Weise wird man mit der Zeit dahin kommen, geschulte Arbeitskräfte zur Ausführung von Betonbauten heranzuziehen. Gleichzeitig würde das vorgeschlagene Verfahren den guten Erfolg haben, das Standesbewußtsein der sachgemäß ausgebildeten Betonarbeiter gegenüber den nicht handwerksmäßig vorgebildeten zu erhöhen. Manche Betonbaugeschäfte haben genügend geschulte Handwerker, als gelernte Maurer, Zimmerleute und Schlosser, für die einzelnen Betriebszweige zur Verfügung, aber überall ist dies nicht immer so leicht durchzuführen, weil das Halten solcher besonderen Arbeitergruppen wegen zeitweisen Arbeitsmangels in den einzelnen Betriebszweigen auf Schwierigkeiten stößt. Man kennt die Abneigung der Handwerker, andere, nicht zum eigenen Handwerk gehörige Arbeiten, wenn auch nur zeitweilig, zu

verrichten, zur Genüge, und Zimmerleute und Schlosser gehen nur ungern an andere Arbeiten heran, die mit ihrem Handwerk nichts zu tun haben. Sie betrachten oft die nicht zu ihrem Handwerk gehörige Arbeit als minderwertige Beschäftigung und es ist gerade keine seltene Erscheinung, daß ein gelernter Handwerker lieber seinen guten Arbeitsplatz verläßt, als daß er eine ihm zugewiesene Arbeit verrichtet, die, seiner Meinung nach, ihm nicht zukommt. So unberechtigt diese Anschauung auch sein mag, so müssen Sie doch damit umsomehr rechnen, als gerade bei denjenigen Handwerkern, welche in ihrem Fache etwas Tüchtiges leisten, diese Ansicht in der Regel besonders stark ausgeprägt zu sein pflegt.

Die eben von mir geschilderte handwerksmäßige Ausbildung junger Leute zu tüchtigen Betonarbeitern würde meiner Ansicht nach einen großen Nutzen bringen. Die Ausübung Ihres Gewerbes bringt es mit sich, daß Sie oft an Baustellen arbeiten müssen, welche weit von Ihrem Wohnsitze entfernt liegen. Sie werden in den meisten Fällen bei Ausführung größerer Bauten in der unangenehmen Lage sein, daß Sie Zimmerleute und Schlosser oder Schmiede am fremden Ort werben müssen, um die einschlägigen handwerksmäßigen Arbeiten an Ihrem Bauwerk ausführen zu können. Wie Ihnen bekannt, sind aber solche Handwerker am fremden Orte oft genug sehr schwer und nur zu hohen Löhnen zu haben. Hierzu kommt noch ein fernerer Uebelstand; eingearbeitete Zimmerleute, welche jahraus, jahrein nur mit der Aufstellung von Stampfgerüsten beschäftigt werden, erlangen eine große Uebung in solchen Arbeiten und es ist immer eine mißliche Sache, fremde Handwerker am fremden Ort mit Arbeiten zu betrauen, die für das Gelingen des Bauwerkes von so außerordentlicher Wichtigkeit sind. Haben Sie dagegen genügend geschulte Betonarbeiter zur Verfügung, so spielen die Reisekosten für dieselben im großen und ganzen gar keine sehr große Rolle. Jedenfalls könnten Sie die eigenen Arbeitskräfte viel besser ausnutzen, und wären nicht mehr, wie bisher, so sehr darauf angewiesen, teurere Arbeiter am fremden Ort werben zu müssen.

Ich bin überzeugt, daß, wenn einmal der Anfang nach dieser Richtung hin gemacht ist, dies zum Segen Ihres Gewerbes sein würde, umsomehr, als sich der Beton- und Eisenbetonbau immer mehr zu einem bestimmten Zweig des Baugewerbes herausbildet, dem allen Anschein nach in den kommenden Jahrzehnten eine immer weitere Verbreitung bevorsteht. Wenn die Vorzüge des Beton- und Eisenbetonbaues noch allgemeiner anerkannt werden, als dies bisher der Fall ist, dürfte dereinst der Ziegel- und Werksteinbau immer mehr in den Hintergrund treten. Diejenigen unter Ihnen, welche auch Ziegelbauten ausführen, werden es wohl beurteilen können, welche Vorteile das Zurückgehen des Ziegelbaues bringen wird. Ich will hier nur an das scherzhafte Preisrätsel im eigensten Sinne des Wortes erinnern: „Was kostet ein Kilogramm Maurerschweiß“? Ich glaube, es wird eine Zeit kommen, wo der altehrwürdige

Mauerziegel aus Ton im Bauwesen nicht mehr diejenige Rolle spielt, welche er heute inne hat. Die mit Riesenschritten vorwärts schreitende Entwickelung des Beton- und Eisenbetonbaues dürfte dem alten Herrn, der Jahrtausende hindurch die Welt beherrschte, nicht ganz ungefährlich werden. Ich muß es Ihnen überlassen, Mittel und Wege zu suchen, das in meinem Vortrage dargelegte Ziel zu erreichen und ich glaube, daß hier die richtige Stelle ist, wo Sie Ihre Meinungen darüber austauschen können. Der Zweck meines Vortrages sollte nur der sein, bei Ihnen die Frage anzuschneiden, ob meine Vorschläge vom praktischen Standpunkt aus durchführbar sind und Ihrem Gewerbe Nutzen bringen werden.

Weiche Betonmasse. Weiche Betonmasse wendet man nur dort an, wo die Anwendung harter Betonmasse aus irgend welchen Gründen nicht angängig erscheint. In erster Linie kommt dabei der Eisenbetonbau in Betracht, von welchem später noch die Rede sein wird. Hiebei werden in die Betonmasse an passenden Stellen nach bestimmten Regeln Eiseneinlagen eingebettet. Es ist hier nur natürlich, daß man hierbei nur weichere Betonmasse verwenden kann, weil es sonst nicht möglich sein würde, das Eisen vollständig in den Beton einzuhüllen, was aber für das Gelingen des Bauwerkes eine unumgängliche Notwendigkeit ist. Bei harter Betonmasse würde es große Schwierigkeiten haben, beim Stampfen die Eiseneinlagen auch von unten dicht in die Betonmasse einzuhüllen und man wird hier also der weichen Betonmasse den Vorzug geben müssen, wobei man aber darauf achten soll, daß der Wasserzusatz nur eben soweit getrieben wird, als es unumgänglich nötig erscheint. Auch hier lassen sich festbestimmte Regeln nicht aufstellen, und es muß dem verständigen Ermessen des Bauleiters überlassen bleiben, wie weit er mit dem Wasserzusatz zu gehen hat. Es bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung, daß beim Einstampfen weichen Betons die Stampfarbeit mit geringerem Kraftaufwand vorgenommen werden muß, und deshalb muß man auch mit der Wahl des Stampfgeschirres achtsam zu Werke gehen.

Wie bereits an anderer Stelle (S. 90 u. 91) ausgeführt wurde, ist die Größe des Wasserzusatzes von erheblichem Einfluß auf die Festigkeit des Betons. Wie sehr sowohl die Zugfestigkeit als auch die Druckfestigkeit des Betons von dem Wasserzusatz abhängig ist, möge an nachstehender Zusammenstellung gezeigt werden. Hierbei wurde der gleiche Portlandzement und der gleiche Zuschlag (Mauersand) verwendet.

| Erhärtungsdauer | 10 a. H. Wasser | | | 12 a. H. Wasser | | | 15 a. H. Wasser | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zug | Druck | Druck/Zug | Zug | Druck | Druck/Zug | Zug | Druck | Druck/Zug |
| 7 Tage | 20,0 | 202,5 | 10,1 | 13,8 | 107,5 | 7,8 | 10,1 | 55,0 | 5,4 |
| 28 „ | 26,1 | 285,0 | 10,9 | 22,9 | 160,0 | 7,0 | 18,3 | 100,0 | 5,5 |
| 90 „ | 28,6 | 355,0 | 12,4 | 25,8 | 207,5 | 8,0 | 23,0 | 150,0 | 6,5 |
| 180 „ | 32,1 | 380,0 | 11,8 | 26,8 | 225,0 | 8,4 | 22,6 | 170,0 | 7,5 |

Der zu diesen Versuchen benutzte Zement gab bei der Prüfung mit Normensand im Verhältniß 1 : 3 nach 28 Tagen 21,7 kg Zugfestigkeit und 237,5 kg Druckfestigkeit.

Dieses Beispiel zeigt, wie notwendig es ist, daß man dort, wo man weiche Betonmasse verwenden muß, den Wasserzusatz möglichst einzuschränken, wenn es auf die Festigkeit des Mauerwerks in erster Linie ankommt. In der Regel wird man den Wasserzusatz so bemessen, daß die Betonmasse auf der Schaufel noch nicht fließt, sondern ihre Form bewahrt. In manchen Fällen wird man vom Stampfen ganz absehen müssen, und an Stelle des Stampfers wird die Mauerkelle in Wirksamkeit treten. In diesem Falle verteilt man die in die Form eingebrachte Masse möglichst gleichmäßig, wobei man besondere Sorgfalt auf die Ausfüllung der Ecken und Kanten richtet. Das dichte Aneinanderlagern der einzelnen Teile sucht man dadurch zu bewirken, daß man mit der senkrecht gehaltenen Mauerkelle durch häufiges Einstoßen derselben die eingeschlossene Luft zu entfernen sucht, um eine möglichst dichte Lagerung zu erzielen, worauf man durch Schlagen mit der flachen Kelle die Masse nach Möglichkeit verdichtet. Immerhin wird es bei weicher Betonmasse schwierig sein, alle Luftblasen zu entfernen und der erhärtete Beton wird später auf dem Bruch häufig mehr oder weniger große Hohlräume zeigen, welche natürlich die Festigkeit stark beeinflussen. Aus diesen Erwägungen heraus wird man weiche Betonmasse vorzugsweise nur dort verwenden, wo es sich um die Herstellung von Bauteilen handelt, welche weniger auf ihre Festigkeit beansprucht werden, bei denen vielmehr die äußere Formgebung in Betracht kommt, die also die rein architektonische äußere Gliederung betreffen, wie z. B. bei der Herstellung von Gesimsen, Kapitälen und Konsolen, die keine besondere Belastung auszuhalten haben u. a. m.

Ferner wird die Anwendung weicher Betonmasse da geboten erscheinen, wo ein Bauteil in wenig widerstandsfähige Formen eingestampft werden muß. Formen für reichgegliederte Gesimse, Ballustraden, Säulen und ähnliche Teile können wegen der unverhältnißmäßig hohen Kosten aus Holz nicht angefertigt werden und man greift in solchen Fällen zu Gipsformen, die aber für das Einstampfen harter Masse in der Regel nicht widerstandsfähig genug sind.

## Gußbeton.

In noch höherem Maaße als bei der weichen Betonmasse tritt die Abnahme der Festigkeit beim Gußbeton in die Erscheinung, der früher, als man das Wesen des Betonbaues noch nicht in dem Maße erkannt hatte wie heute, im allgemeinen häufiger angewendet wurde. Zur Herstellung von Schmuckteilen aller Art, die nicht auf besondere Festigkeit Anspruch zu machen haben, ist Gußbeton auch noch heute vielfach in Gebrauch. Meistens werden solche Schmuckteile in Gips- oder Leimform

hergestellt und die Betonmasse wird zu diesem Zweck mit soviel Wasserzusatz versehen, daß die Masse breiartig wird und auf der Schaufel oder der Mauerkelle ihre Form nicht mehr bewahrt, sondern zu fließen beginnt. Aber auch hier muß man mit dem Wasserzusatz vorsichtig sein und die Masse gerade nur so dünnflüssig anrühren, als es notwendig ist, denn wenn zuviel Wasser genommen wird, läuft man Gefahr, daß die schweren Teile sich in den unteren Teilen der Form absetzen und man wird dann häufig beobachten, daß der Portlandzement infolge seines hohen spezifischen Gewichtes das Bestreben zeigt, sich nach unten zu ziehen, sodaß man in den unteren Teilen eine fettere Mischung erhält als in den oberen Teilen der gefüllten Form. Dieser Umstand hat natürlich gewisse Uebelstände zur Folge, denn beim Abbinden und Erhärten zieht sich der fettere Beton mehr zusammen als die magere Mischung, und es kann infolgedessen sehr leicht vorkommen, daß das fertige Stück nach dem Abbinden an der unteren Seite Haarrisse bekommt, weil die Zusammenziehung gegenüber dem oberen mageren Beton größer ist. Um diesem Uebelstand entgegenzuwirken, verwendet man zu Gußbeton fast immer schnellbindenden Zement, damit die einzelnen Bestandteile der Masse nicht Zeit finden, sich voneinander zu sondern. Manche Portlandzementfabriken liefern auf Verlangen geeignete Zemente, die in wenigen Minuten abbinden. Da aber, wie bereits erwähnt wurde, die Festigkeit der Zemente stark von der Bindezeit beeinflußt wird, darf man natürlich hervorragende Festigkeiten von solchem schnellbindenden Zement nicht erwarten.



Bild 93. Gruppe aus Gußbeton auf der Ausstellung des Deutschen Betonvereins in Düsseldorf.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß man bei Gußbeton durchgängig die Füllstoffe von geringerer Korngröße wählen muß, als beim harten oder weichen Stampfbeton, denn die zu groß gewählten Zuschlagstoffe werden sich an der äußeren Fläche sehr unliebsam bemerkbar machen und außerdem das Bestreben zeigen, infolge ihres hohen Raumgewichts nach unten zu sinken. Da Gußbeton meistens nur dazu verwendet wird, Schmuckteile aus Beton herzustellen, so ist dieser Umstand um so störender, da er die Ansichtsflächen, auf die es hierbei

hauptsächlich ankommt, in der Gleichmässigkeit ihres Aussehens stark beeinträchtigt.

Früher fand der Gußbeton häufiger Anwendung als heute, insbesondere wurden Fliesen und Platten aller Art, Dachsteine und ähnliches aus Gußbeton hergestellt, was heute fast ganz aufgehört hat, weil man bald die Erfahrung machte, daß es sehr schwer ist, einen dichten Gußbeton zu erzielen. Die auf diese Weise hergestellten Fußbodenplatten nutzten sich durch das Begehen sehr stark ab, und die Dachplatten waren infolge der porösen Beschaffenheit des Gußbetons für Wasser sehr durchlässig. Heute werden solche Gegenstände fast durchgängig nur aus Stampfbeton hergestellt.



Bild 94. Bildsäulen aus Gußbeton auf der Düsseldorfer Ausstellung.

Hauptsächlich wird heute Gußbeton vielfach zur billigen Herstellung von Bildsäulen, Säulenkapitälen, Schmuckkonsolen und ähnlichen Sachen mit Vorteil verwendet. Auf der schon an anderer Stelle erwähnten Düsseldorfer Kunst- und Gewerbeausstellung im Jahre 1902 waren außerordentlich gut ausgeführte Schmuckteile dieser Art in reicher Anzahl ausgestellt, die vom künstlerischen Standpunkt aus als durchaus gelungen bezeichnet werden müssen. Die Gestaltungsfähigkeit des Betons kam hier recht deutlich zum Ausdruck, denn selbst die feinsten Linienführungen der Form waren hier gut wiedergegeben Früher verwendete man zu solchen Arbeiten fast ausschließlich Gips, der trotz aller Vorzüge, die er ohne Zweifel besitzt, doch immerhin den Nachteil hat, daß er den Witterungseinflüssen nicht genügend Stand hält, was ein besonderer Vorzug des Portlandzementbetons ist. Allerdings ist man bei der Farben-

gebung der Schmuckteile in der Farbenauswahl viel beschränkter, als beim Gips, da zum Färben von Zementbeton nur solche Erdfarben verwendet werden können, welche den Einflüssen des im Portlandzementbeton enthaltenen Kalkes Widerstand leisten können. Außerdem muß man zugeben, daß der graue Ton, welcher dem Portlandzement eigen ist, die Verwendung zarter Farben von vornherein ausschließt.

Eine ausgedehnte Anwendung findet der Gußbeton heute noch vielfach im Bergbau, wenn es sich darum handelt, Klüfte auszufüllen oder Wasseradern im Gestein zu dichten, weil die flüssige Gußmasse naturgemäß viel leichter alle Hohlräume ausfüllt, als dies bei der Anwendung von Stampfbeton möglich ist. Ferner ist Gußbeton vielfach mit Nutzen



Bild 95. Schmuckteile aus Gußbeton auf der Düsseldorfer Ausstellung.

anwendbar, wenn es sich um Massenherstellung einzelner, in der Form übereinstimmender kleiner Teile handelt, welche nachträglich an dem Betonbauwerk befestigt werden.

## Konkretbau.

Eine besondere Art des Betonbaues bildet der sogenannte Konkretbau, der früher häufiger ausgeführt wurde und sich erst in neuerer Zeit wieder zu beleben scheint. Das Wesen des Konkretbaues besteht darin, daß man einen Mörtel anfertigt, der im wesentlichen aus dem Bindemittel unter Zusatz von Kies und Sand besteht. Die Zuschlagstoffe dürfen dabei eine gewisse Korngröße nicht überschreiten. Als Höchstmaß für die Korngröße kann man etwa 7 mm annehmen. In diesem Mörtel werden dann, nachdem er in dünner Schicht in die Form eingebracht ist, größere

Steine eingebettet, welche man dann mit weiterem, mehr oder weniger dünnflüssigen Mörtel vergießt. Es wird also hierbei im Gegensatz zum eigentlichen Betonbau nicht die fertige Masse in die Form eingebracht, sondern die groben Zuschlagstoffe werden erst in der Form dem Mörtel beigefügt. Hierbei ist zu bemerken, daß die nachträglich eingebrachten groben Füllstoffe meistens Faustgröße und darüber haben. Da diese großen Stücke erst beim Einbringen in die Form mit dem Mörtel in Berührung kommen, so nähert sich der Konkretbau mehr dem Bruchsteinbau, weswegen die Art der groben Zuschlagstoffe auf die Festigkeit des Bauwerkes von weit größerem Einfluß ist, als dies beim eigentlichen

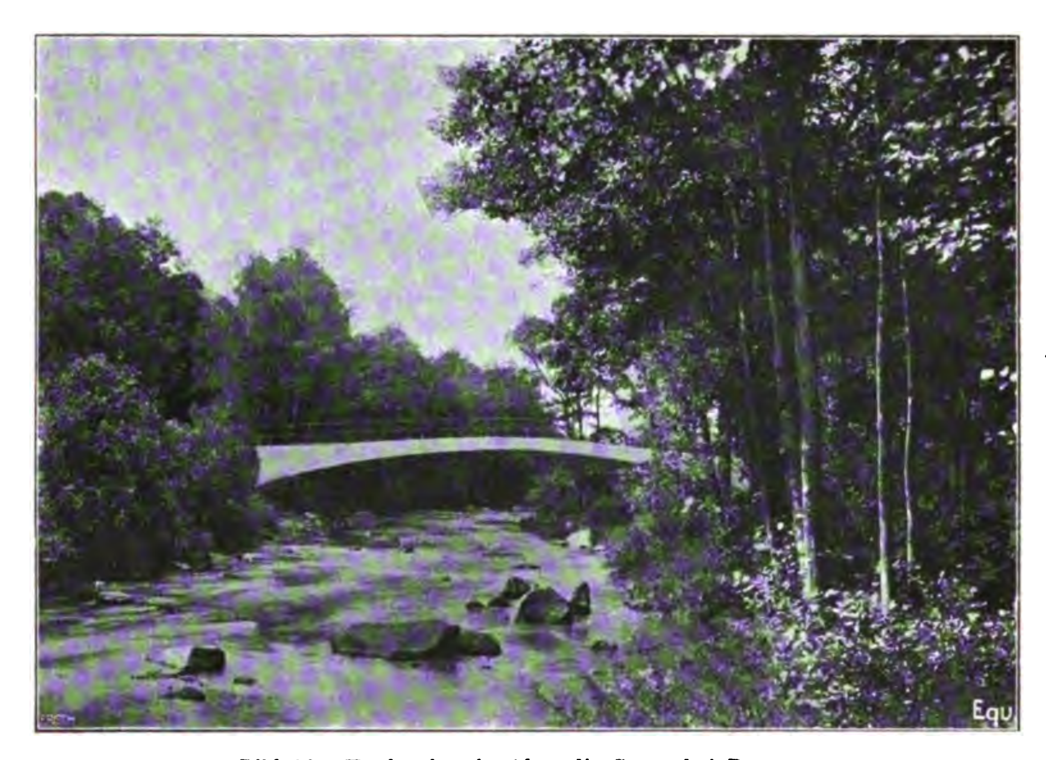



**Bild 96. Konkretbrücke über die Spree bei Bautzen.**

Betonbau der Fall ist. Man verwendet zu diesem Zweck große Kieselquarze, Gerölle und Geschiebestücke, kurz alle diejenigen Gesteine, welche in der norddeutschen Tiefebene unter dem Namen „Findlinge" bekannt sind, mit Vorliebe.

Man kann vom Konkretbau nicht sagen, daß er in seinem Wesen dem Betonbau völlig gleicht, denn es wird nicht, selbst bei sorgfältigster Ausführung, zu umgehen sein, daß die groben Füllstoffe sich so gleichmäßig in der ganzen Masse verteilen, als es beim Betonbau der Fall ist. Infolgedessen wird auch, auf die Querschnittseinheit bemessen, ein Bauwerk aus Konkret im Vergleich zu reinem Betonmauerwerk verschieden-

artige Festigkeiten zeigen. Es werden hierbei mit einem Wort die groben Zuschlagstoffe mehr auf ihre Eigenfestigkeit beansprucht, als dies beim Betonbau der Fall ist, umsomehr, als beim Konkretbau außergewöhnlich große Steine oder Steinbrocken zur Verwendung kommen. Es wird auch beim Konkretbau für die gleichmäßige Festigkeit von Einfluß sein, daß die groben Steine gewissermaßen schichtweise angeordnet werden müssen, um zu ermöglichen, daß sie von allen Seiten mit Mörtel in Berührung kommen.

Wie schon oben erwähnt wurde, ist in neuerer Zeit von einigen Betonbauern der Konkretbau wieder aufgenommen worden, da es sich nicht leugnen läßt, daß er in vielen Fällen eine billige Bauausführung gestattet, nämlich überall da, wo passende Steine in genügender Größe von der Natur dargeboten werden. Vorstehendes Bild 96 mag eine Vorstellung davon geben, daß man auch hierbei gute Wirkung bei sachgemäßer Ausführung erzielen kann und daß der Konkretbau für gewöhnliche Belastungen mit Vorteil zu verwenden ist.

Die im Bild 96 dargestellte Brücke überspannt den oberen Lauf der Spree bei Bautzen. Sie dient dem Fußgängerverkehr und hat 30 m Spannweite bei einer Breite von 1,50 m. Die Gesamtherstellungskosten betrugen nur 3300 M.

## Formgerüste und Einschalungen.

An Stellen, wo der Beton nicht nur zur Herstellung der Grundmauern benutzt werden soll, wobei er einfach in die im Erdreich ausgehobenen Baugruben geworfen und festgestampft wird, wobei die Grubenwandungen gewissermaßen selbst die Form bilden, bedarf man der Formen, die je nach Art des betreffenden Bauteiles nach bestimmten Grundsätzen aufgebaut werden müssen. Bestimmte Regeln kann man auch für die Herstellung von Gerüsten und Schalungen nicht aufstellen, aber nachfolgende Grundsätze sind von durchgängiger Anwendung.

Die Formgerüste werden in den meisten Fällen aus Holz hergestellt und müssen die nötige Tragfähigkeit und Steifigkeit besitzen, um ohne nennenswerte Formveränderung das Gewicht und den Schub der eingebrachten Betonmasse, die Wirkungen des Stampfens und das Gewicht der bei der Arbeit beschäftigten Leute tragen zu können.

Sie müssen ferner derartig eingerichtet sein, daß sie das Ausrüsten ohne Gefährdung des Bauwerkes gestatten; das Aufstellen und Ausrüsten darf keine schwierige Handarbeit verursachen. Wenn die Ausführung mehrere Bauteile gleicher Form und gleicher Abmessungen umfaßt, muß das gleiche Formgerüst mehrere Male verwendet werden können.

Besondere Sorgfalt muß auf die möglichste Glätte der dem Innern zugewendeten Seite der Einschalung gewidmet werden, damit die Arbeit des Abglättens der Ansichtsflächen des fertigen Bauwerks auf ein Mindestmaß beschränkt wird. Da der Aufbau und die Aufstellung der Gerüste

und der Schalungen im Gegensatz zu anderen Bauweisen beim Betonbau von viel größerer Bedeutung für das Gelingen des Bauwerks sind, muß hierbei mit größter Sorgfalt und Achtsamkeit vorgegangen werden. In erster Linie ist auf genaues Innehalten der vorgeschriebenen Maße zu achten.

Für aufgehendes Mauerwerk, das aus glatten Wänden besteht, gebraucht man naturgemäß kastenartige Formen zur Aufnahme des zu stampfenden Betons. Man verwendet dazu in der Regel einfach kieferne Bretter, die durch Spreizen d oder Zwischenwände c (siehe Bild 97) in der gewünschten Entfernung voneinander gehalten, und durch Schraubenbolzen b vor dem Auseinanderfallen bewahrt werden. Die Bretter stützen sich mit ihrer Außenseite in entsprechenden Entfernungen gegen aufrechtstehende Pfosten, um ein Durchbiegen nach außen zu verhindern. Das Holz spielt bei den Stampfformen immer noch eine Hauptrolle und ist nur zum Teil in neuerer Zeit den Eisenformen gewichen, die zwar in vielen Fällen gewisse Vorteile darbieten, aber auch mit manchen Nachteilen behaftet sind. Hauptsächlich wird man Holzformen da anwenden, wo man nur ein Stück anzufertigen hat, da das Holz leichter zu bearbeiten und billiger ist als Eisen. Dann aber wird man auch bei größeren Bauten, z. B. bei Brücken, Bögen, Gewölben u. s. w., sowohl für die Schalung, als auch für das Gerüst das Holz nicht ganz entbehren können. Bei den Gerüsten für größere Betonbauten soll man stets berücksichtigen, daß das Gerüst nicht nur allein die Last des auf ihm ruhenden Betonkörpers zu tragen hat, sondern daß es auch durch die Erschütterungen beim Stampfen des Betons stark beansprucht wird. Von diesem Standpunkt aus ist sowohl die eigentliche Stampfschalung von genügend starkem Holz zu wählen, als auch das Lehrgerüst, dem Einzelfalle entsprechend, in gutem Verbande herzustellen. Zur Heranschaffung der Betonmasse und als Verkehrsweg für die Arbeiter muß grundsätzlich ein besonderes Laufgerüst erbaut werden, welches mit dem eigentlichen Stampf- und Lehrgerüst nicht in fester Verbindung stehen darf, weil andernfalls schädliche Erschütterungen des Lehrgerüstes nicht vermieden werden können.

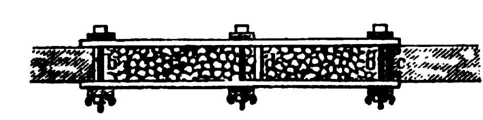


Bild 97. Einschalung einer Wand.

Bei den einfachen Formen, welche zum Herstellen aufgehender Mauern im Hochbau dienen und zunächst besprochen werden sollen, ist es notwendig, daß die Stärke der Schalungsbretter so bemessen ist, daß sie durch den Druck des Betons beim Stampfen nicht nach außen getrieben werden können und dadurch bauchige Stellen in der Wandfläche entstehen lassen.

Eine empfehlenswerte Formart zum Stampfen von Betonwänden zeigt das Bild 98.

Die Form besteht aus Brettern a, welche untereinander durch Riegel b, Haken, Oesen und Stifte c, Gabeln und Schraubenbolzen d oder dergl., wie unser Bild zeigt, verriegelt oder verschraubt werden können. Diese Bretter werden in einem der Stärke der herzustellenden Wand entsprechenden Abstand voneinander aufgestellt und der zwischen diesen befindliche Raum mit der Betonmasse w ausgestampft. Zur Verbindung der gegenüberstehenden Bretter a dienen dünne Flacheisenstäbe e, welche in passende, an geeigneten Stellen in der Ober- und Unterkante der Bretter a befindliche Schlitze eingelegt und an den Außenseiten durch Stifte f so verriegelt werden, daß ein Auseinandertreiben der Bretter beim Aufstampfen der Masse w verhindert wird.

Zum Aufbauen einer Wand wird zunächst auf eine geeignete Unterlage u nur eine Formreihe aufgestellt und die Betonmasse bis zu deren Oberkante aufgestampft. Dann wird die zweite Formreihe auf die untere gestellt und vollgestampft. Inzwischen hat die Betonmasse in der Regel in der unteren Formreihe schon so weit abgebunden, daß diese wieder abgenommen und auf die zweite Formschicht aufgestellt werden kann. Dieses Spiel wiederholt sich im weiteren Verlauf des Aufbaues, sodaß also zur Herstellung der ganzen Wand nur zwei oder drei Formschichten nötig sind.

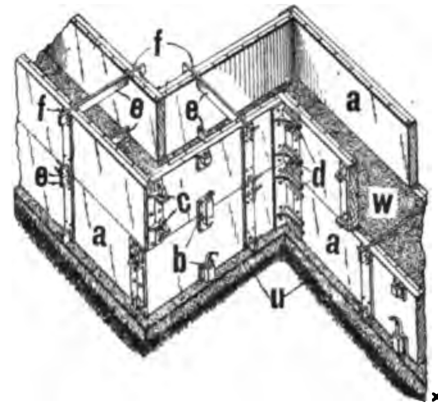


Bild 98. Einschalung bei Wänden.

Beim Abnehmen der Formbretter von der Wand werden Riegel und Schrauben gelöst und die Metallstäbe e nach Entfernen der Stifte f aus der Wand herausgezogen. Die hierdurch entstehenden feinen Spalten werden mit Betonmasse ausgestrichen. Diese Einrichtung ist durch Musterschutz 232012 geschützt.

Eine andere Einschalungsform ist im Bild 99 dargestellt, welche den Gegenstand des früheren D. R. P. 143427 der Kalker Zementwarenfabrik A. Uhrmacher bildet. Die tragenden Teile sind hierbei durchweg aus verzinktem Eisen hergestellt. Das Gerüst nach Uhrmacher ist, wie Bild 99 zeigt, zunächst für die Aufführung von Mauern bestimmt. Es besteht aus senkrechten und wagerechten gleichartigen Stangen a von geeigneten Längen. Jede Stange ist aus zwei Winkeleisen, die durch Nieten b mit freiem Zwischenraum unter sich verbunden sind, zusammengesetzt und in gleichen Abständen mit Löchern versehen. Beim Aufbau des Gerüstes werden je zwei senkrecht gegenüber aufgestellte Stangen durch ein Röhrchen c, welches in gleichen Abständen senkrecht und wagerecht durchlocht ist, verbunden, indem auf die gewünschte Mauerstärke ein Stift durch die sich deckenden Löcher der Stangen und des

Röhrchens hindurchgesteckt wird. Die wagerechten Stangen a verbinden verschiedene solcher senkrechten, auf Mauerstärke gepaßten und im Abstande der vorhandenen gleichlangen Brettstücke d angeordneten Stangenpaare dadurch, daß ein Stift durch die sich deckenden senkrechten Löcher der wagerechten Stangen und Röhrchen eingesteckt wird, wobei dieser zweite Stift gleichzeitig keilend wirkt, weil die Löcher um einen Millimeter gegeneinander verschoben angeordnet worden sind. Hierdurch teilt sich das Gerüst in gleichgroße Felder, die mit den Brettstücken d ausgefüllt werden, indem diese innen gegen die Schenkel der Winkeleisen der senkrechten Stangen a anliegen, und von außen durch vorgelegte Winkeleisen e mit Hilfe von Riegeln f, welche durch Bolzen und Stift mit den senkrechten Stangen a verbunden sind, allmählich fest gegen die Schenkel angedrückt und geschlossen werden. Anstatt eines Riegels für zwei Winkeleisen kann auch für jedes ein besonderer Riegel angeordnet werden.

Die Bleche g verdecken den zwischen den Winkeleisen der Stangen a

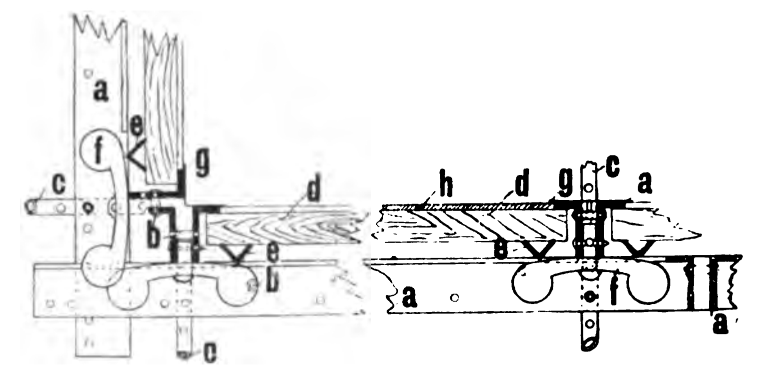



Bild 99. Einschalungsform für Wände.

verbleibenden kleinen Zwischenraum und werden mittels Haken an den Nieten b aufgehängt. Der einige Millimeter betragende Streifen, welcher durch den Vorsprung der Schenkeldicke der Winkeleisen entsteht, kann wie bei h durch eine Papplage oder dergleichen ausgelegt werden, wodurch eine vollkommen glatte Fläche erzielt und Verputzen erspart wird; bei rauhen Mauern ist dies unnötig.

Der Vorteil bei der Anwendung dieses Gerüstes besteht darin, daß es von gänzlich ungeübten Leuten oder jedem beliebigen Tagelöhner aufgestellt werden kann, ohne daß dazu geschulte Handwerker, Zimmerleute und dergleichen notwendig sind.

Aehnliche Ansführungen solcher Einschalungsformen für Wände gibt es eine ganze Reihe, und es würde an dieser Stelle zu weit führen, sie alle einzeln zu beschreiben. Die Anforderungen, die man an solche Einrichtungen zu stellen hat, gipfeln hauptsächlich darin, daß man bei leichter und bequemer Aufstellungsweise genügende Standfestigkeit und Einfach-

heit in der Ausführung neben billigen Anschaffungskosten fordern muß. Bezüglich des letztgenannten Punktes hat aber die Erfahrung gelehrt, daß brauchbare Einrichtungen dieser Art selten zu so billigen Preisen herzustellen sind, daß ihre Anwendung allgemeiner werden wird, trotzdem nicht zu verkennen ist, daß sie manche Vorzüge besitzen.

Die Herstellung von Hohlräumen in Betonmauern kann je nach Form und Größe derselben auf mancherlei Weise bewirkt werden. Handelt es sich um kleine senkrechte Schornstein- oder Lüftungsröhren, so stellt man in passenden Abständen zwischen den Verschalungen runde oder vierkantige Holzkerne auf, die man nach unten etwas konisch zulaufen läßt, um das Herausziehen zu erleichtern. Vorteilhafter ist die Wahl des runden Querschnittes, da man bei diesem das Lockern der Kerne beim Herausziehen durch vorsichtiges Drehen unterstützen kann.

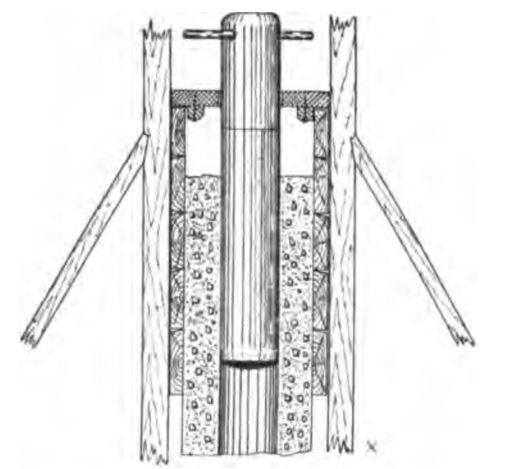


Bild 100. Form zur Herstellung von Schornstein- oder Lüftungsröhren in Betonwänden.

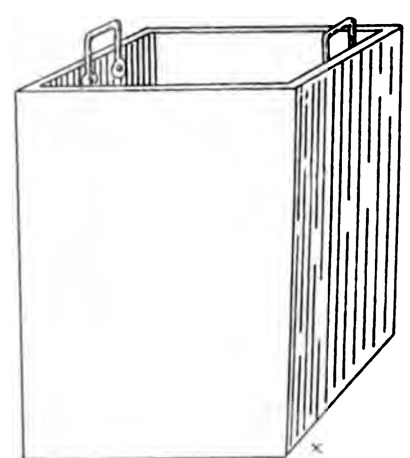


Bild 101. Kasten zur Herstellung senkrechter Schächte in Betonwänden.

Aus demselben Grunde tut man auch gut, die Kerne mit verzinktem Eisenblech zu ummanteln. Am oberen Ende bringt man ein Loch, durch welches ein Eisenstab gesteckt werden kann, zum Herausziehen an (Bild 100). Um die Kerne während des Einstampfens in der richtigen Lage zu halten, nagelt man über den oberen Rand der Verschalung zwei mit einem runden oder viereckigen Ausschnitt versehene Leisten, durch die man den Kern steckt. An der unteren Seite befinden sich zwei querlaufende Anschlagsleisten, welche die genaue Lage sichern.

Sollen größere zellenartige Hohlräume von viereckigem Querschnitt entstehen, so setzt man zwischen die Schalung Kästen von starkem Eisenblech ein, welche man dann, mit der Arbeit fortschreitend, nach oben zieht. Auf diese Weise entsteht ein von unten nach oben durchgehender, viereckiger Schacht. Ein solcher Kasten ohne Boden, der aus Holz oder

Blech hergestellt werden kann, ist in Bild 101 dargestellt, die beiden Handhaben sind an der Innenseite angebracht. Die Lage des Kastens wird dadurch gesichert, daß man eine kurze Latte durch diese Handhaben schiebt, welche auf dem oberen Rande der Schalung aufliegt und hier durch einige Drahtstifte befestigt wird.

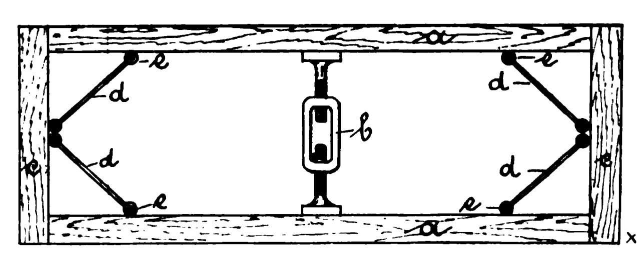


Bild 102. Zusammenlegbare Form.

Bei größeren Querschnitten der Hohlräume bildet man die Kernform aus Holz. Die Handhabung solcher Formen wird erleichtert, wenn man sie zusammenlegbar macht. Eine solche Form ist in Bild 102 dargestellt, sie besteht aus den beiden Längswänden a, die mit Hilfe des Spannschlosses b auseinander gehalten werden, und den beiden Stirnwänden c, die mit den Haken d in den Oesen e der Längswände befestigt werden. Um die Kernform nach dem Einstampfen des Betons herausnehmen zu können, hängt man die Haken d aus und dreht das Spannschloß zurück, wodurch die Längswände a sich vom Beton loslösen, es lassen sich dann die Stirnwände leicht herausziehen.

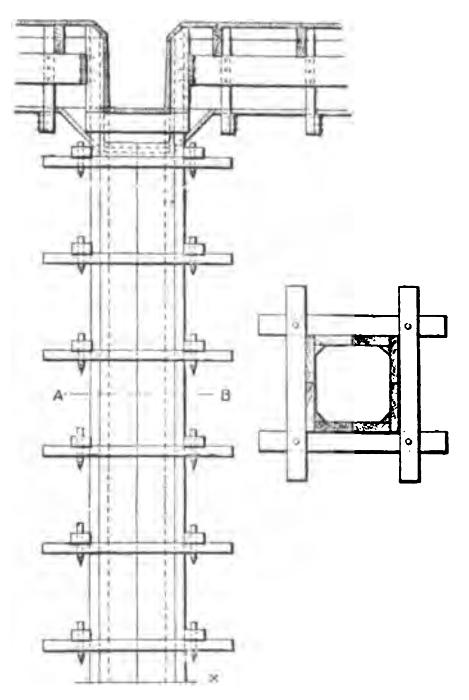


Bild 103. Schalungsgerüst für Säulen und Balken.

Für Betonpfeiler, Säulen und Balken wendet man mit Vorteil die im Bild 103 gezeichneten Schalungsgerüste an. Bei den Pfeilern oder Säulen werden die Schalbretter durch Holzrahmen zusammengehalten, die durch Stifte an ihren Kreuzungspunkten miteinander verbunden werden. Die Rahmen stehen sowohl hier wie auch bei der Balkenform hochkantig zu den Schalbrettern, um so ein Durchbiegen derselben beim Einstampfen des Betons zu verhindern. Im übrigen geht die weitere Anordnung aus dem Bild hervor.

Zum Einstampfen ebener einfacher Betondecken bedient man sich meistens stehender Gerüste, welche die Schalung tragen, wie etwa Bild 104

zeigt. Die Schalung einfach durch Hängegerüste an etwa schon vorhandene Träger oder Balken zu hängen, sollte man besser vermeiden, man unterstütze die Schalung lieber von unten durch Steifen und übergelegte Holme und Querbalken. In dem Bild 104 sind M die Holme, welche von den Steifen R gestützt werden und die die Querbalken O tragen, auf welchen die Schalung D lagert. Um einen dichten Schluß an den Fugen der Schalung zu erzielen und beim Ausschalen keine Schwierigkeiten zu haben, wird ein auf Keilen ruhendes dünneres Schlußbrett D eingefügt. Die Breite des Schlußbrettes muß so bemessen sein, daß es fest zwischen die Nachbarbretter eingezwängt gelagert ist.

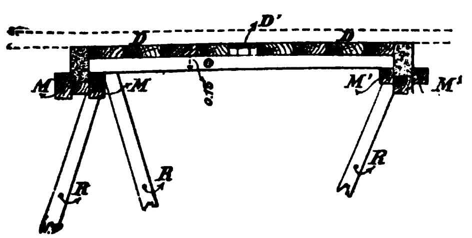


Bild 104. Einschalung einer Decke.

Zum Formen von Deckenbalken benutzt man mit Vorteil die im Bilde 105 dargestellte Einschalungsweise. Hierbei bilden die Hölzer M gleichzeitig die Seitenschalung des Trägerbalkens und die Unterstützung der Hölzer o, welche die Deckenschalung tragen. Die beiden Wangenhölzer M und $M_1$ sind durch ein Zwischen- oder Bodenholz in einem durch die Balkenbreite gegebenen Abstand voneinander gehalten, sie werden von unten durch Bohlenzwingen, wie Bild 106 eine solche darstellt, zusammengehalten. Die Länge der Wangen und Bodenhölzer muß gleich der ganzen Länge des zu stampfenden Trägerbalkens sein. Wenn die Länge über 3 m beträgt, so muß das Bodenholz durch Stempel und Steifen von unten her unterstützt werden. Die Balkenformen werden bis zur Oberkante Schalung eingestampft und dann sofort das Einstampfen der Deckenfelder vorgenommen, damit das Ganze als einheitlicher Baukörper wirkt.

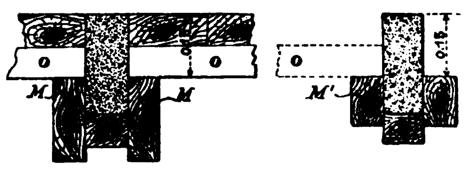


Bild 105. Einschalung eines Balkens.

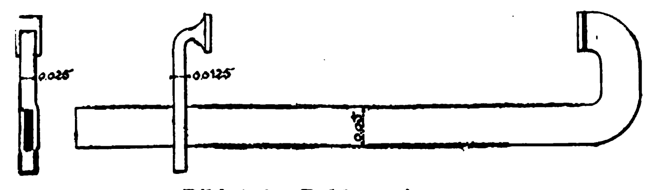


Bild 106. Bohlenzwinge.

Zum Aufnehmen der Schalung für Stampfbetondecken zwischen eisernen I-Trägern dienen neuerdings vielfach Flacheisenstäbe von entsprechendem Querschnitt, welche durch Hängeeisen, die auf den Trägerflanschen ruhen, getragen werden (vergl. Bild 107). Gegen Verschiebung werden diese Stäbe durch Keile gesichert, welche in die flachen Löcher der Hängeeisen geschoben werden. Auf die hochkant stehenden, sehr tragfähigen Flacheisen, welche so lang sind, daß sie

für verschiedene Deckenspannweiten benutzt werden können, werden die Schalbretter gelegt, auf die dann die einzustampfende Betonmasse geschüttet wird. Will man gewölbte Decken aus Beton herstellen, so nimmt man statt der geraden Flacheisen Wölbeeisen, wie sie Bild 108 zeigt.

Eine andere Art von Gerüsthängeeisen, welche ebenfalls für verschiedene Spannweiten zu benutzen sind, zeigt das Bild 109. Das Hängeeisen besteht aus zwei nebeneinander angeordneten, hochkantig stehenden Flacheisen a a, die von je einem Ende mit einem um eine Achse drehbaren Klaueisen b b versehen sind In der Mitte werden die Eisen durch übergeschobene Klammerringe c c eng nebeneinander gehalten Die Vorsprünge d d versteifen die Hängeeisen gegen Biegungen in der Querrichtung und verhindern gleichzeitig das Weitergleiten der Ringe nach den Enden zu. Beim Ausschalen werden die Klammerringe über die in der Mitte befindlichen Enden des Hängeeisens gezogen, wodurch der Zusammenhang der nebeneinanderliegenden Hängeeisen aufhört und sie nach beiden Seiten auseinandergleiten, indem sie sich um die Achsen der Klaueisen b b drehen. Die Schalung fällt naturgemäß mit, soweit dieselbe nicht durch rauhe Fasern ihrer Oberfläche am eingestampften Beton haften bleibt. Um diesem Uebelstand vorzubeugen, tut man gut, die Schalung vor dem Beschütten und Einstampfen der Betonmasse entweder mit Papier zu belegen oder sie durch Einseifen gegen das Anhaften des Betons zu schützen.

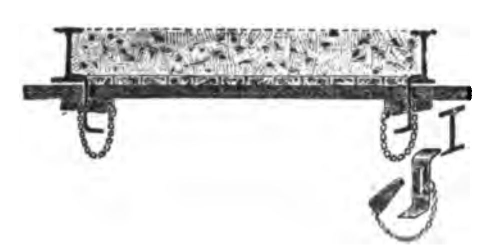


Bild 107. Eiserne Hängerüstung.

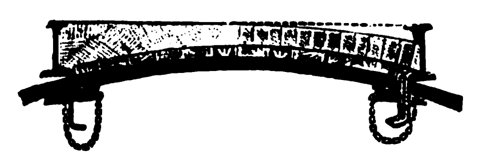


Bild 108. Wölbeeisen für Kappen.

Wölbeeisen für Tür- oder Fensterwölbungen aus Beton benutzt man für verschiedene Spannweiten, wie z. B. das im Bild 110 dargestellte, ausziehbare Wölbeisen, dessen Einrichtung aus dem Bild ohne weiteres erkennbar ist. Will man zur Aufnahme der Schalung statt der Eisenunterstützung Gerüsthölzer anwenden, so empfiehlt es sich, die im Bild 111 dargestellten Hängeeisen zu gebrauchen. Im wesentlichen besteht eine solche Hängevorrichtung aus einem U-förmig gebogenen Flacheisen, das in gewissen Abständen mit einer Anzahl Löcher versehen ist, die zur Aufnahme von Durchsteckbolzen dienen. Das Hängeeisen wird zunächst so über den I-Träger gesteckt, daß beide Arme nach unten hängen. Darnach wird durch die obersten Löcher der Arme ein Steckeisen geführt, welches auf

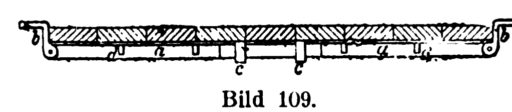


Bild 109.

den obersten Flansch des I-Trägers zu ruhen kommt, und somit die ganze Last des Gerüstes aufnehmen soll. Dann wird das Rüstholz zwischen die beiden Eisenbügel gebracht und gegen Herabfallen durch ein unten eingeschobenes Steckeisen geschützt. Um dem Balken die für die Schalung geeignete Höhenlage geben zu können



Bild 110. Wölbeeisen für Tür- und Fensteröffnungen.

und andererseits das Gerüst möglichst fest zu machen, wird auf dem oberen Trägerflansch ein Holzkeil unter das Steckeisen getrieben, während der richtige Abstand des Tragbalkens vom unteren Trägerflansch, der zum richtigen Auflager für die Schalung notwendig ist, durch das Einschieben einer Spalierlatte unter den Trägerflansch hervorgebracht wird. Unter Umständen kann dann nach Fertigstellung der Betondecke an die Hängevorrichtung, durch Verlängerung der Eisenarme gleichzeitig eine Vorrichtung angebracht werden, welche das Putzgerüst aufnimmt, wie die punktierten Linien im Bild 111 andeuten.

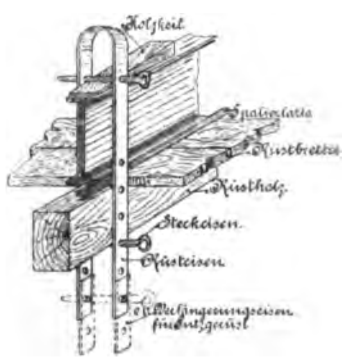



Bild 111. An I-Trägern angehängte Schalrüstung.

Eine andere Vorrichtung, die Traghölzer und das Lehrgerüst an die Trägerflanschen zu hängen, zeigt das Bild 112. Die eigentliche Hängevorrichtung besteht aus dem Bolzen b, welcher mit einem Schraubenkopf und einer Unterlagsplatte versehen ist. Am anderen Ende befindet sich das Klaueisen a, durch das der mit Gewinde versehene Bolzenteil hindurchführt. Die Bolzen b werden zunächst durch an passender Stelle gebohrte Löcher der Traghölzer hindurchgesteckt, dann wird das Klaueisen a auf den Bolzen b geschraubt und die Klaueisen nun auf die unteren Flanschen des I-Trägers gehängt. Hierauf wird das Stampfgerüst auf die Traghölzer gebracht und das Aufbringen und Einstampfen der Betonmasse kann vor sich gehen. Beim Loslösen der Bolzen und beim Entfernen der Gerüstteile bleibt das Klaueisen a allerdings im Beton stecken, und ist so für den ferneren Gebrauch verloren; die große Einfachheit der Vorrichtung aber und die leichte Herstellbarkeit derselben läßt diesen kleinen Verlust nicht in Betracht kommen.

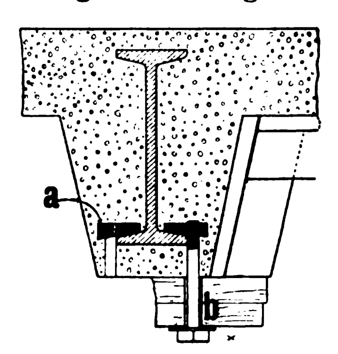



Bild 112. Hängegerüst mit Bolzenbefestigung.

Es ist natürlich bei der Aufstellung von Stampfgerüsten zu beachten, daß die Stärke derselben mit den Beanspruchungen, die man ihnen beim Stampfen zumuten muß, im Einklang steht. Bei schwachen Decken kann die Rüstung leichter sein, als beispielsweise bei Kellereinwölbungen, bei denen große Deckenstärken und massiges Mauerwerk in Frage kommt. Als Muster für ein solches stark beanspruchtes Stampfgerüst mag Bild 112 dienen.

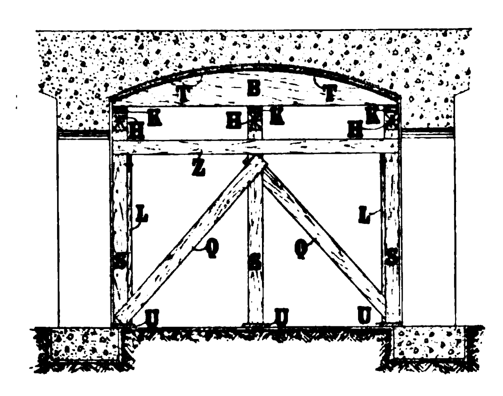



Bild 112. Stampfgerüst für stark beanspruchte Kellerdecken.

In der Richtung der Längsachse des zu stampfenden Gewölbes werden zunächst auf den Unterlagen U, die aus einfachen Gerüstbrettern bestehen können, die auf gleiche Länge geschnittenen, der Höhe angepaßten Säulen S in Abständen von etwa 1 m nebeneinander gestellt, und zwar je nach der Spannweite des Gewölbes zwei Reihen an den Widerlagsmauern und eine Reihe in der Mitte. Jede dieser Säulenreihen trägt je einen Holm H und alle Säulen werden untereinander durch die Längsverstrebungen L, die Zangen Z und die Querstreben Q verbunden bezw. versteift. Quer über die Holme H werden nun in geringen Entfernungen von etwa 30—50 cm voneinander die Bogenlehren B aufgestellt und im Scheitel durch eine lose aufgenagelte Latte vorläufig untereinander verbunden, nachdem sie durch Antreiben der Keile K überall in die richtige Höhenlage gebracht worden sind. Nunmehr erfolgt von beiden Widerlagern her das Aufbringen der Schalung T nach der Mitte zu. Die beiden an den Widerlagern befindlichen Schalbretter werden dabei an die Lehrbögen durch Drahtstifte leicht angeheftet, ebenso wie ein Schalbrett in der Mitte, nachdem man die vorläufig aufgenagelte Latte entfernt hat.

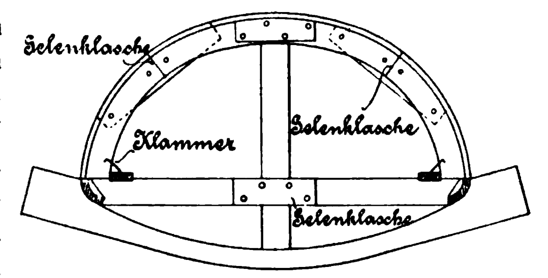



Bild 113. Stampfgerüst für einen Betonkanal.

Hat man sich durch Abwiegen mit der Wasserwage überzeugt, daß die Schalung sich in der richtigen Lage befindet und etwaige Höhenunterschiede durch Lockern oder Antreiben der Keile ausgeglichen, so überdeckt man die ganze Schalung mit Streifen von dünner Dachpappe oder starkem Packpapier in der Weise, daß die sich an ihren Enden über-

deckenden Pappstreifen senkrecht zu den Fugen der Schalung zu liegen kommen. Hiernach beginnt man mit dem Auffüllen und Einstampfen der Betonmasse. Man lasse beim Aufstellen der Stampfgerüste nie außer Acht, wie schon an anderer Stelle bemerkt wurde, daß ein Stampfgerüst für Betongewölbe viel stärker beansprucht wird, als ein Lehrgerüst für Gewölbe aus gewöhnlichen Ziegeln und es ist dringend erforderlich, gemäß der stärkeren Beanspruchung die Arbeit mit äußerster Sorgfalt auszuführen.

Bei Bauausführungen im Tiefbau, wo große Strecken mit gleicher Einwölbungsform hergestellt werden sollen, und man daher dieselben Lehr- und Stampfgerüste längere Zeit gebraucht, muß man diese tunlichst einfach und leicht zerlegbar gestalten, um das Auf- und Abbauen des Gerüstes und der Schalung möglichst zu vereinfachen. So zeigt das Bild 113 die Anordnung des Schalgerüstes, wie es zu einem Kanalgewölbe verwendet wurde, das die amerikanische Stadt Kalamazoo im

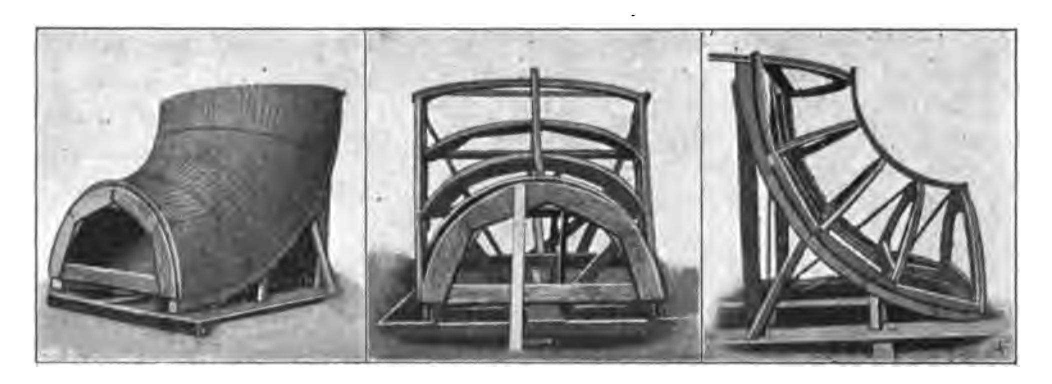


Bild 114. Paßlehrgerüst für Richtungsänderungen und Anschlüsse.

Staate Michigan in einer Länge von rund 1200 m erbauen ließ. Das Gerüst bestand aus einzelnen Teilen, die leicht zusammengesetzt und wieder auseinandergenommen werden konnten. Dabei verbot es sich von vornherein, daß größere Verstrebungen und Versteifungen den Querschnitt des Kanales versperrten, weil hauptsächlich das Ausschalen dadurch sehr erschwert worden wäre und durch die notwendige häufige Veränderung des Standortes dann große Zeitverluste eingetreten wären.

Die Verschalung des Stampfgerüstes lag auf einzelnen 60 cm voneinander entfernten Bogenrippen, welche aus drei gelenkig miteinander verbundenen Teilen bestanden. Diese stützten sich an ihren Enden auf einen wagerecht liegenden Holm, welcher den unteren Kanalquerschnitt überspannte und aus zwei in der Mitte gelenkig miteinander verbundenen Teilen bestand. Die Gelenkteile waren während des Gebrauchs mit Laschen steif verbunden, die beim Weiterrücken des Formgerüstes nur gelöst zu werden brauchten. Außerdem war der Scheitel des Lehrbogens durch einen bis auf die Sohle reichenden Pfosten unterstützt.

Zum Fortrücken des Lehrgerüstes löste man die Gelenklaschen, schwang den Querverband und die beiden unteren Teile der Bogenrippen seitlich aus und senkte den mittleren Bogenteil. Hierauf fiel die Schalung herab und man konnte an der neuen Stelle wieder einschalen. Da gleichzeitig sechs Lehrgerüste von je 3,75 m Länge im Gebrauch waren und man den Beton 3—4 Tage erhärten ließ, ehe man ausschalte, so konnte man täglich etwa 5,5 lfd. m Betongewölbe herstellen.

Für die vorkommenden Richtungsänderungen der Längsachse des erwähnten Kanals und die erforderlichen Anschlüsse benutzte man besondere Paßlehrgerüste, wie das Bild 114 zeigt. In der Mitte sieht man das Gerippe des Lehrgerüstes von vorn, rechts dasselbe von der Seite und links das fertige Paßstück mit aufgebrachter Schalung.

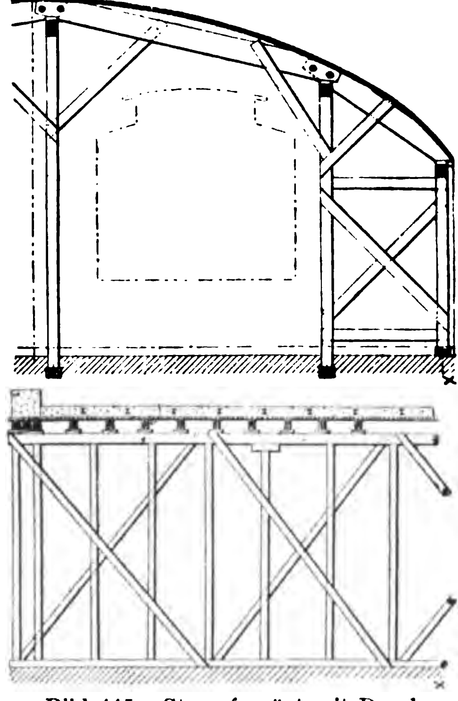


Bild 115. Stampfgerüst mit Durchgangsöffnung.

Ein Stampfgerüst für größere Bogen, das nur verhältnismäßig geringe Belastung auszuhalten hatte, zeigt das Bild 115 im Querschnitt und im Längsschnitt. Aus dem Längsschnitt ersieht man deutlich, daß die scheinbar leichte Bauart des Gerüstes, wie sie aus dem Querschnitt hervorgeht, dadurch verstärkt wird, daß die Lehrbogen in ganz geringen Zwischenräumen zur Aufnahme der Schalung auf dem Holmen gelagert sind. Diese Bauausführung mußte deshalb gewählt werden, weil während der Bauausführung ein Durchgangsraum für Eisenbahnwagen freigehalten werden mußte, da der Verkehr nicht durch den Bau unterbrochen werden durfte. Die in dem Beton liegenden I-Eisen zeigen, daß es sich hier um einen Eisenbetonbau handelt.

Das Bild 116 stellt ein Stampfgerüst für einen größeren Brückenbogen dar. Das Gerüst besteht aus einzelnen Rippen b, welche in gegenseitigen Abständen von 1,0 bis 1,3 m aufgestellt sind. Jede Rippe setzt sich aus einer 10 cm starken und zwei je 7,5 cm Bohlen zusammen, die sich auf 15 cm breite und 25 cm starke Pfosten c und Verstrebungen d stützt. Die Stützhölzer sind unter sich durch 5 cm starke und 10 cm breite doppelte Zangen e verbunden. Die Pfosten und Versteifungen ruhen auf untereinander fest verbundenen Schwellen f. Als Unterstützung für dieses Gerüst dienen 6,10 m hohe Säulen g, die miteinander durch

schräge Verstrebungen h verbunden sind. Die Säulen g stehen auf gemeinschaftlichen Doppelschwellen i und k, zwischen welchen die Keile a angeordnet sind, die zum Absenken des Stampfgerüstes dienen. Das über dem Bogengerüst dargestellte Holzbauwerk hat mit dem eigentlichen Stampfgerüst der Brücke nichts zu tun, sondern dient nur als vorläufiger Ersatz der späteren Betonbrücke, die an Stelle einer eisernen Eisenbahnbrücke aus Gitterträgern trat.

Im Bild 117 ist das Stampfgerüst einer Eisenbetonbrücke über die Isar bei München dargestellt, welches wegen seiner vorzüglichen Bauart und gewissenhaften Ausführung besondere Beachtung verdient. Die Brückenbogen haben eine Spannweite von 70 m, und das zur Herstellung

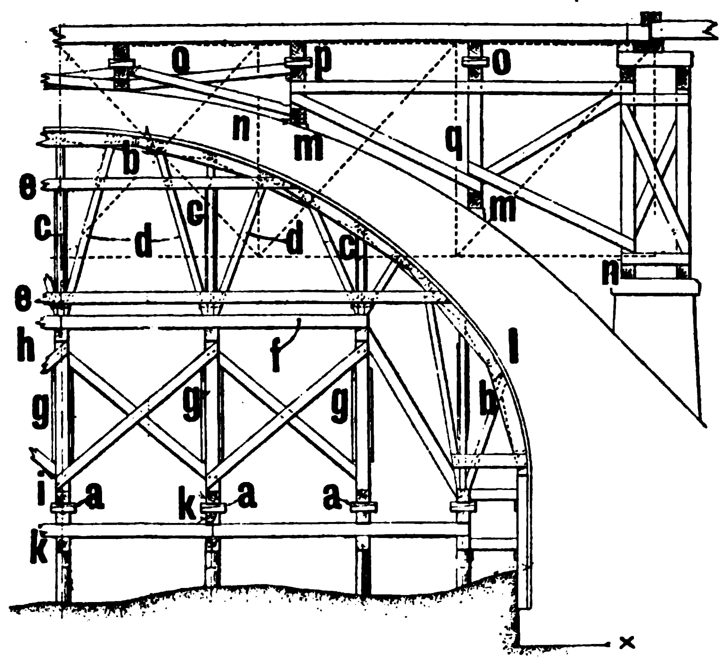



Bild 116. Stampfgerüst für einen größeren Brückenbogen.

dieses Bogens erforderliche Stampfgerüst mußte bei dieser beachtenswerten Spannweite besonders gut und sicher entworfen und ausgeführt werden. Das Stampfgerüst bestand aus sieben nebeneinander gestellten Lehrbogen. Dabei hatte man Gewicht darauf gelegt, daß die Unterstützung der in senkrechter Richtung wirkenden Lasten möglichst unmittelbar auf die Pfähle erfolgt, wodurch die Kreuzhölzer lediglich auf Biegung beansprucht werden. Damit sich die stark belasteten, senkrechten Pfosten nicht in die wagerecht liegenden Schwellen eindrücken konnten, was z. B. auch durch Zwischenlegen von Blechstücken nicht ganz verhindert werden konnte, wurden U-Eisenstücke zwischen Pfosten und Schwelle angeordnet. Vorher von der bauausführenden Firma angestellte Versuche hatten ergeben, daß die Faser des Buchenholzes bei

14×20 cm Auflagerfläche eines senkrecht zur Faser wirkenden, belasteten Hartholzpfostens erst bei einer Belastung von 70 kg/qcm und einem

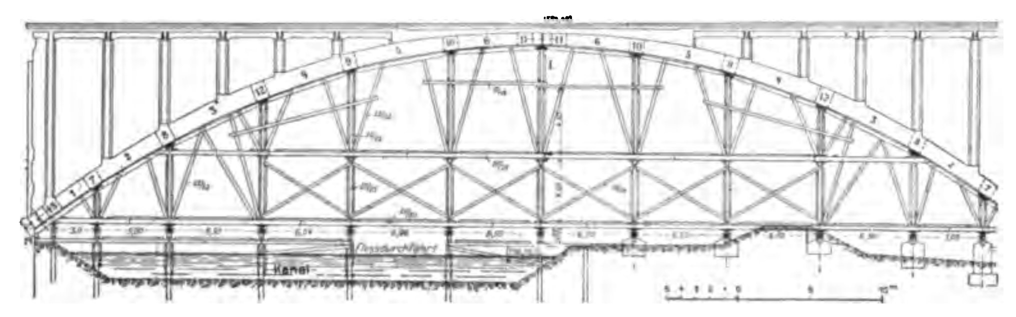


Bild 117. Stampfgerüst eines Brückenbogens von 70 m Spannweite.

Eindringen des Hartholzes von 1,75 mm das Abscheren der Faser begann und bei 100 kg/qcm Belastung und 8,7 mm Eindringen erfolgte der Bruch. Für Tannenholz betrugen die entsprechenden Werte für die beginnende Zerstörung der Faser 40 kg/qcm und 3,5 mm Eindringen, für den vollendeten Bruch 50 kg/qcm. Demzufolge wurden die U-Eisenstücke so berechnet, daß die Tannenholzschwellen quer zur Faser mit 13 bis 15 kg/qcm belastet wurden. Alle diese mit großer Sorgfalt ausgeführten Anordnungen bewahrten das Stampfgerüst trotz der großen Spannweite vor schädlichen Formänderungen. Außerdem fielen alle die Holzquerschnitte schwächenden Zapfenlöcher fort. Um ein seitliches Ausweichen der unteren Enden der Pfosten und Streben unmöglich zu machen, wurden sie durch angeschraubte oder mit den U-Eisen vernietete Winkeleisen mit den Schwellen verbunden.

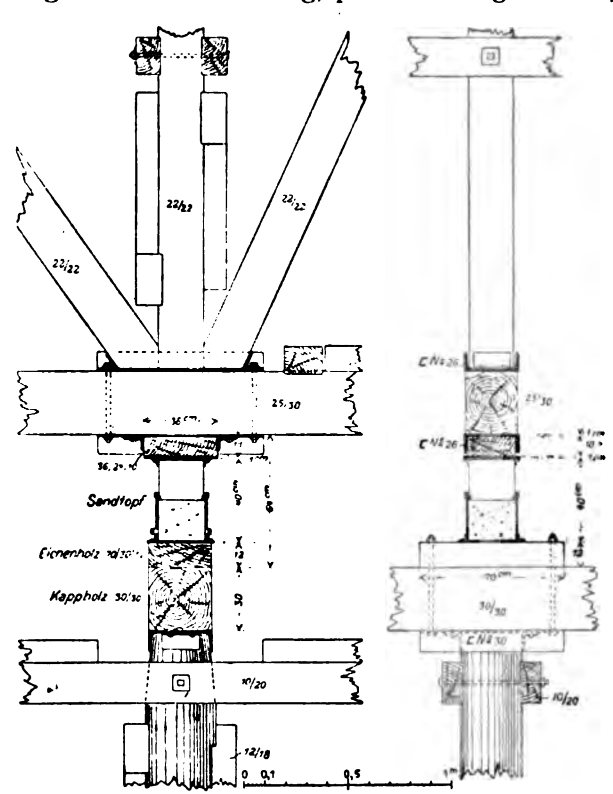


Bild 118. Einzelheiten der Knotenpunkte des in Bild 117 dargestellten Stampfgerüstes.

Das Bild 118 stellt einen Knotenpunkt des Lehrgerüstes dar, aus

dem alle Einzelheiten ohne weiteres hervorgehen. An Stelle der sonst zur Absenkung des Lehrgerüstes üblichen Keile und Senkschrauben wurden Sandtöpfe aus Eisenblech mit eichenem Stempel angewendet, die eine sichere Auflagerung des Stampfgerüstes und sichere Ausschalung gestatteten. Sie wurden vorher auf dreifachen Druck geprüft. Nur bei den Unterstützungen der ersten Pfahlreihe zunächst den Kämpfern wurden eichene Keile in Anwendung gebracht. Die Sandtöpfe ruhen auf Zwischenlagen aus Eichenholz.

Das Bild 119 stellt die Gesamtansicht der im Bau befindlichen Brücke, sowie des soeben beschriebenen Stampfgerüstes dar. Das Absenken des Bogengerüstes erfolgte in der Weise, daß auf ein gegebenes



**Bild 119. Brücke über die Isar während des Baues.**

Zeichen zuerst unter den beiden Mitteljochen die Verschlüsse der Sandtöpfe geöffnet und 0,25 l Sand ausgelassen wurden. Dann verschloß man die Sandtöpfe wieder und schlug einige Male mit Holzstücken dagegen, worauf die Senkung des Gerüstes um wenige Millimeter erfolgte. Ebenso machte man es an den beiden nächsten Jochen und so fort bis zum drittletzten, um dann am Scheitel wieder zu beginnen und bis zur letzten Reihe durchzugehen. Anfänglich senkte sich das stark angespannte Gewölbe nur wenig. Als keine weitere Senkung mehr eintrat, entfernte man auch die Keile der Kämpferstützen. Das Lehrgerüst war bei der Aufstellung im Scheitel 10 cm überhöht worden.

Aus eben angeführtem Beispiel wird man ersehen, daß die Einrichtung und Aufstellung des Stampfgerüstes für Betonbauten einer der

wichtigsten Zweige der Betonbaukunst ist, und daß sich hier nur ganz allgemeine Regeln geben lassen, die richtig anzuwenden, dem Betonfachmann überlassen werden muß. Wie schon an anderer Stelle des weiteren ausgeführt wurde, hängt nicht nur das Gelingen des Bauwerkes in hohem Grade von dem richtig angepaßten und sorgfältig ausgeführten Stampfgerüst ab, sondern vor allen Dingen kommen auch die Kosten in Betracht, welche bei dem teuren Baustoff Holz umsomehr ins Gewicht fallen, weil hierin durch geschickte Anordnung große Ersparnisse zu erzielen sind. Hierin beruht zum größten Teil das Geheimnis des Erfolges bei Betonbauten aller Art, und es kann nicht oft genug darauf hingewiesen werden, daß der Bauausführende diese Punkte nach jeder Richtung hin beachten und hierbei mit Ueberlegung und Sachkenntnis vorgehen muß. Es wird also bei der Ausführung zweckentsprechender Stampfgerüste der Erfindungsgeist des Bauausführenden in erster Linie Gelegenheit finden, sich nutzbringend zu betätigen.

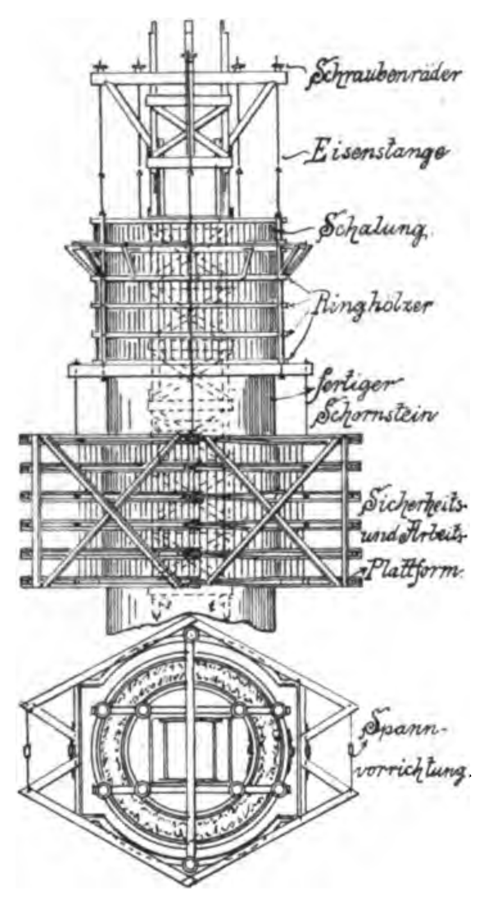



Bild 120. Stampfgerüst zu einem Schornstein aus Eisenbeton.

Zum Schluß dieses Abschnittes wollen wir noch ein lehrreiches Beispiel eines geschickt ausgeführten Stampfgerüstes anführen, dessen Ausführung beweist, wie wichtig es ist, das Stampfgerüst zweckentsprechend auszugestalten. Das Gerüst diente zur Aufbauung eines Schornsteins aus Eisenbeton in Amerika. Der Schornstein hatte etwa 50 m Höhe. Beim Aufbauen dieses Schornsteins wurde folgendermaßen vorgegangen.

Nachdem das Gründungsmauerwerk fertiggestellt war, wurde an der Stelle des zukünftigen Hohlraumes der Schornsteinsäule ein festes Gerüst aufgebaut, welches je nach Fortschreiten des Baues weiter erhöht wurde. Auf unserem Bilde 120 ist dies Gerüst, dessen Grundrißform quadratisch war, im Innern des Schornsteines durch gebrochene Linien angedeutet. Ueber dieses Stützgerüst wurden am oberen Ende kreuzweise einige überstehende Tragbalken gelegt, an denen das eigentliche Stampfgerüst, welches aus einem inneren und äußeren Holzkranz bestand,

mittelst Eisenstangen angehängt wurde. Die Eisenstangen waren oben mit Gewinden versehen und wurden durch kräftige, mit Handrädern versehene Schraubenmuttern gehalten. Die Formkränze bestanden aus starken Bohlen und das ganze Gerüst wurde je nach Fortschreiten der Arbeit durch gleichmässiges Anziehen der mit Handrädern versehenen Muttern nach Bedarf leicht gehoben. Die Schalbretter für den Innenraum wurden außen an die Formkränze befestigt, während die für den Außenraum an der inneren Seite der Formkränze angebracht waren. Der zwischen den Schalbrettern entstandene ringförmige Hohlraum wurde dann mit Beton ausgestampft und nach Fertigstellung das ganze Stampfgerüst höher hinauf gezogen. Durch passend eingesetzte Keilstücke konnte man den Durchmesser der Schalung leicht verändern, gleichzeitig dienten die Keilstücke dazu, um die Form von der fertiggestellten Betonwand durch Antreiben oder Nachlassen leicht zu lösen.



Bild 121. Eisenbetonschornstein während der Ausführung.

Außer dem eigentlichen Stampfgerüst war noch ein besonderes Gerüst vorhanden, welches als Arbeitsbühne zum Stand für die Arbeiter benutzt wurde Diese Arbeitsbühne war teils am Stampfgerüst, teils an einem oben übergelegten weit vorstehenden Balken von etwa 6 m Länge mittelst eiserner Stangen aufgehängt, sodaß man es ebenfalls je nach Bedarf leicht heben und senken konnte. Die ganze Einrichtung geht aus unseren Bildern deutlich hervor.

Um die Baustoffe leicht und ohne Gefahr in die Höhe zu befördern, war das Gerüst im Hohlraum der Schornsteinsäule so ausgeführt, daß der Querschnitt im Innern nicht durch Hölzer versperrt wurde und eine oben aufgestellte Winde besorgte das Aufziehen der Mörtelstoffe. Der Beton wurde in dünnen Lagen von etwa 15 cm Stärke eingebracht.

Es wurde in einem Arbeitstage durchschnittlich ein Schornsteinstück von 1,5 m Höhe fertiggestellt. Am folgenden Tage hob man das Stampfgerüst an, sodaß es unten noch etwa 60 cm weit über die fertige Schornsteinmauer hinaus ragte. Das ganze Stampfgerüst war etwa 1,8 m hoch. Auf diese Weise wurde der Schornstein ohne jede Schwierigkeit und mit überraschender Schnelligkeit in die Höhe geführt. Unser Bild 121 läßt die Ausführung des Baues und die ganze Anordnung des Gerüstes klar und deutlich erkennen.

Die eben beschriebene Stampfgerüstausführung ist für die zahlreichen Schornsteine, die in den verflossenen fünf Jahren in Amerika aus Beton und Eisenbeton errichtet wurden, als mustergültig zu betrachten. Wir werden später bei der Beschreibung ausgeführter Eisenbetonschornsteine noch einmal auf die Einzelheiten zurückkommen.

## Einzelformen.

Für Einzelbauteile, welche später dem Bauwerk eingefügt werden oder einen selbständigen Baukörper bilden, wie z. B. Balken, Röhren, Rinnen, Platten und ähnliche Gegenstände benutzt man Einzelformen, welche gestatten, daß man von dem gleichen Baukörper viele Stücke in durchaus übereinstimmender Form und Größe herstellen kann. Die Einzelformen treten also hierbei an die Stelle der bei der Herstellung von Betonbauten nötigen Stampfgerüste. Für solche Einzelformen verwendet man meistens Holz oder Eisen, mitunter auch weniger widerstandsfähige Stoffe, z. B. für gewisse Zwecke Formen aus Gips oder Leim.

Die Anforderungen, die man an eine gute Stampfform zu stellen hat, lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß solche Einzelformen möglichst dauerhaft und widerstandsfähig sein müssen, daß ihre Herstellung nicht allzuviel kostet, und daß sie nicht zu schwer im Gewicht ausfallen, weil sie öfter von einem Ort zum andern gebracht werden müssen. Bei dem heutigen Stande des Betonbaues hat auch die Herstellung solcher Formen einen besonderen Industriezweig gezeitigt und zahlreiche Maschinenfabriken bringen heute viele gute und zweckentsprechend ausgeführte Einzelformen für die Herstellung der verschiedensten Gegenstände aus Beton in den Handel. Besonders gilt dies von Formen für Treppenstufen, Platten und Röhren aller Ort, Dielen, Spundbohlen und ähnlichen Dinge mehr. Es hat sich sogar durch den zunehmenden Bedarf des Betonbaues hier eine besondere Art von Formmaschinen herausgebildet, deren Reihe sich täglich mehrt, wobei mitunter gleichzeitig die Arbeit des Einstampfens und

Glättens vielfach durch die Maschine selbsttätig erfolgt, von denen noch später ausführlicher die Rede sein wird.

Es ist natürlich nicht möglich, alle diese Arten von verschiedenen Formen an dieser Stelle des genaueren zu beschreiben, und wir wollen uns zunächst mit der Beschreibung derjenigen Formen befassen, welche verhältnismäßig einfach herzustellen sind und die in den meisten Fällen vom Betonbauer den Anforderungen entsprechend mit eigener Hand hergestellt werden. Handelt es sich darum, einen einzelnen Baukörper geringeren Umfanges in einer begrenzten Anzahl von Stücken herzustellen, so wird man auch hier meistens zum Holz greifen. Holzformen dieser Art sind naturgemäß weniger dauerhaft und besitzen nicht die lange



Bild 122. Einformen von Balken.

Lebensdauer der Eisenformen, aber sie sind fast immer billiger als Eisenformen, die in der Regel nur mit Hilfe des Schlossers oder Schmiedes herzustellen sind. Dafür haben aber Eisenformen bei einigermaßen guter Behandlung während des Gebrauches eine fast unbegrenzte Lebensdauer, und es wird sich von vornherein die Benutzung von Eisenformen dann empfehlen, wenn Einzelgegenstände in stets wiederkehrender Form und Größe massenhaft hergestellt werden müssen, wie dies beispielsweise bei der Herstellung von Platten, Mauersteinen aller Art, Dachplatten und ähnlichen Dingen der Fall ist. Hierbei würde sich die Verwendung von Holzformen trotz des billigeren Preises wirtschaftlich nicht rechtfertigen lassen.

Ueber die Herstellung von Holzformen für einfache Baukörper,

Treppenstufen, Pfosten, Pfählen und ähnlichen Gegenständen ist es wohl nicht notwendig, noch eine besondere Beschreibung zu bringen, da es sich hier um gewöhnliche Kastenformen handelt, die einfach aus Brettern zusammengenagelt und zusammengeschraubt werden. Es ist selbstverständlich, daß man hierbei stets als Grundsatz festhalten muß, daß das verwendete Holz stark genug ist, um der eingefüllten Betonmasse und den Stampfstößen genügend Widerstand zu leisten. Es müssen also besonders die Seitenwände aus starken Brettern hergestellt oder sonst gut versteift werden.

Bei größeren und schwereren Baukörpern, wie Balken und Pfählen,



Bild 123. Einformen von Balken.

muß besonders beachtet werden, daß die Formen auf guter, widerstandsfähiger Unterlage beim Stampfen liegen, und daß sie fest und unverrückbar auf dieser Unterlage befestigt sind. Mitunter wird man gut tun, mehrere Einzelformen miteinander zu verbinden, sodaß man eine Ersparnis an Holz erzielt. Unsere Bilder 122 bis 124 stellen beispielsweise das Einformen von Balken dar, wie es bei einem Uferbefestigungsbau, bei dem es sich um Herstellung von vielen Betonbalken verschiedener Länge handelte, als vorteilhaft erwies. Auf Bild 124 sehen wir, wie ein fertiger Balken aus der Form durch einen Krahn herausgehoben wird, während

die Bilder 122 und 123 das Einstampfen in die Form darstellen. Hierbei wurden die verschiedenen Balkenlängen dadurch erzielt, daß man zwischen die Seitenwände der formbildenden Hölzer in entsprechenden Entfernungen Einschubklötze befestigte, welche dann die Begrenzung an den Stirnflächen ergaben.

Derartige Balken werden seit einigen Jahren in Amerika vielfach als Ersatz für die teuren und der Fäulnis unterworfenen Holzbalken zu den verschiedensten Zwecken, vorzugsweise bei Wasserbauten, mit bestem Erfolge verwendet. Bei dem oben angeführten Beispiel dienten die Beton-



**Bild 124. Ausheben eines Betonbalkens aus der Form.**

balken zur Herstellung von Buhnen im Lorenzstrom. Die einzelnen Balken wurden durch starke Schraubenbolzen, die durch die ganze Dicke derselben hindurchreichen, zu einem festen Ganzen verbunden.

Für Hochbauzwecke werden wegen des hohen Eigengewichtes und des starken Betonverbrauchs derartige Vollbalken seltener verwendet. An ihre Stelle tritt vorteilhaft der Hohlbalken, welcher bei großer Tragfähigkeit ein leichtes Gewicht hat und deswegen die Stützmauern wenig belastet. Insbesondere hat hier der Eisenbetonbalken eine Zukunft, und er verdrängt den Holzbalken mehr und mehr, weil seine Vorzüge unverkennbar sind. Nachstehend werden wir einige dieser Balkenformen näher besprechen.

Das Bild 125 stellt einen Hohlbalken nach der Bauart Visintini dar, zu deren Herstellung meistens Formen aus starken, hölzernen Bohlen benutzt werden, die durch Schraubzwingen während des Stampfens und Abbindens in der richtigen Lage gehalten werden. Die inneren dreieckigen Hohlräume werden durch verstellbare Kerne gebildet, wie Bild 126 zeigt. Wenn der Balken fertiggestampft ist, werden die Formkerne durch Lösen der Flügelschrauben gelockert, die einzelnen Teile derselben ineinandergeschoben und herausgehoben. Dann werden die Schraubzwingen, welche die äußeren Formteile zusammenhalten, losgeschraubt und die Seiten- und Stirnteile der Form ebenfalls entfernt. Um ein Anhaften des Zementes an die hölzernen Formteile zu verhüten, ist es vorteilhaft, die Formbretter möglichst glatt zu hobeln und die Innenseiten gut mit weicher Seife zu bestreichen.

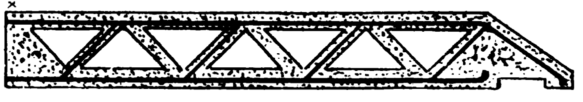


Bild 125. Visintinibalken.

Die Visintini-Hohlbalken finden in den letzten Jahren vielfache Anwendung im Bauwesen. Wir führen z. B. in unseren nachstehenden Bildern 127 und 128 eine Anwendung dieser Balken für den Brückenbau vor. Die beiden Brücken sind über die Zschoppau im vorigen Jahre ausgeführt worden. Die größere der Brücken weist Oeffnungen von je 17 m Spannweite auf Die Träger wurden an Ort und Stelle eingestampft. Zu diesem Zweck wurde zunächst ein Holzgerüst erbaut, auf welchem die Formen ihr Auflager fanden, welche von vornherein dabei in solche Lage gebracht wurden, daß die Träger nach der Fertigstellung nur aufgekantet zu werden brauchten, um in ihre richtige Lage auf die Pfeiler gebracht werden zu können. Um das Umkanten zu erleichtern, waren am Obergurt der Träger an sieben Stellen Bandeisen einbetoniert worden, die ösenartig hervorragten und an welche die Flaschenzüge zum Umkanten der Balken eingehängt wurden. Die Flaschenzüge waren dabei an bockartigen Holzgerüsten aufgehängt. Das Umkanten wurde vier Wochen nach der Fertigstellung vorgenommen und jeder Träger beanspruchte dazu nur $1/2$ Stunde Zeit, wobei sieben Arbeiter die Flaschenzüge bedienten. Unser Bild 128 stellt das Umkanten der Balken dar.

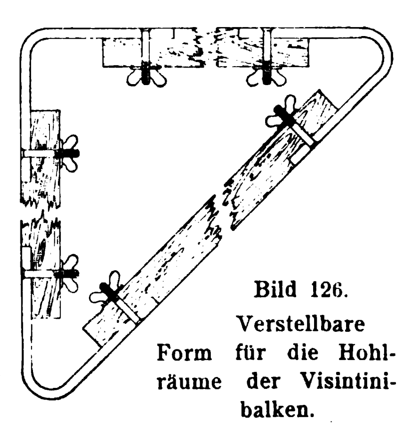


Bild 126. Verstellbare Form für die Hohlräume der Visintinibalken.

Außer den Visintinibalken haben auch die Hohlbalken nach Bauweise Siegwart vielfache Aufnahme im Bauwesen gefunden. Bei ihrer Herstellung wird die in Bild 129 dargestellte Kernform angewendet. Wie

unser Bild zeigt, sind die Balken von rechteckigem Querschnitt und schließen einen verhältnismäßig großen, durch die ganze Länge des Balkens gehenden Hohlraum ein. Da das Herausziehen eines so langen Kernes Schwierigkeiten bereiten würde, wenn dieser aus Holz hergestellt würde, so hat Siegwart einen eigenartigen Kern aus Eisenblech zur Herstellung dieser Hohlräume erfunden, welcher sich nach Fertigstellung des Balkens durch eine geeignete Vorrichtung nach innen zusammenlegt, wobei er seinen ursprünglichen Umfang soweit verringert, daß er bequem aus dem fertigen Balken herausgezogen werden kann. Meistens werden

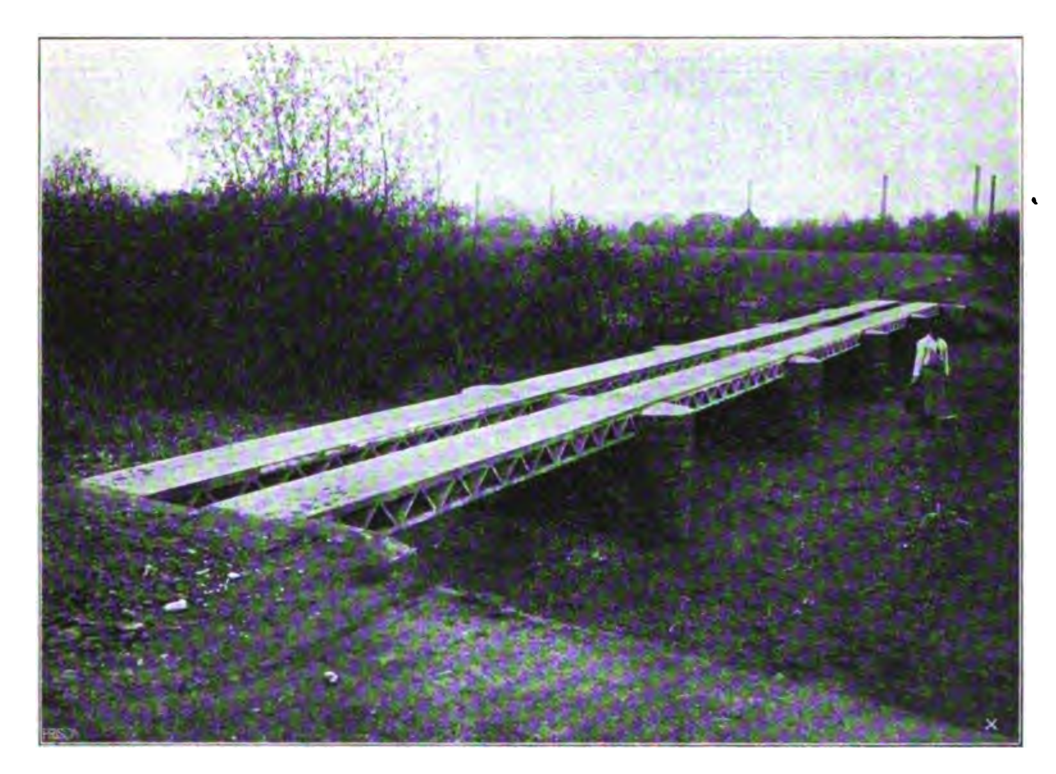


**Bild 127. Brücke bei Lichtenau.**

diese Hohlbalken mit Eiseneinlagen versehen und nach der Fertigstellung an Ort und Stelle nebeneinander, gerade wie gewöhnliche Holzbalken, verlegt, wobei die Fugen später mit Zementmörtel verstrichen werden.

Der Modellkern besteht aus Blechplatten a und b (Bild 129), welche durch ein Stahlblech c miteinander verbunden sind, und Blechplatten d und e, welche vermittelst der Scharniere f an a und b befestigt sind und umgebogene Längskanten $d_1$ und $e_1$ besitzen, welche gegenüberstehend angeordnet sind. Unter dem Stahlblech c ist in Führungen g und einer Führungsschiene $g_1$ die Zugschiene h angebracht, auf welcher die mit schiefen Gleitbahnen versehenen Gleitbügel i und $i_1$ sitzen. Auf dem

Gleitbügel i befindet sich eine Mutter k, in welche die Gewindespindel m eingreift, die in den Winkelstücken n gelagert und durch einen Stellring $m_1$ darin festgestellt ist. Auf der Spindel m ist eine Handkurbel o befestigt. Die Gleitschuhe p sind auf den schiefen Gleitbahnen der Bügel i und $i_1$ angebracht und stehen durch an sie angreifende Scharnierarme q mit den Blechplatten d und e in starrer Verbindung.

Zur Herstellung eines solchen Kunstbalkens wird der Modellkern auf eine vorhandene Platte gelegt und für eine passende Außenform gesorgt. Hierauf wird über den Modellkern die den Balken bildende Masse gegossen.

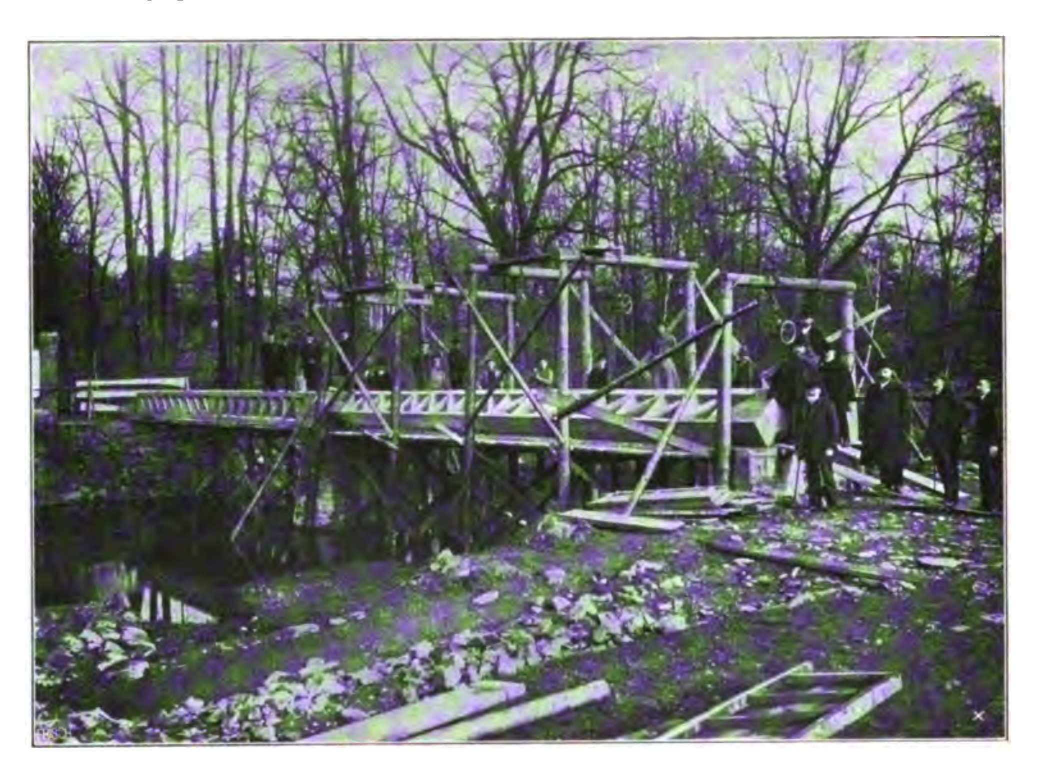
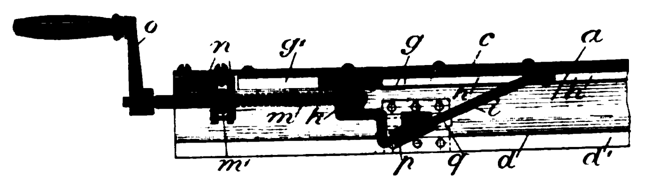


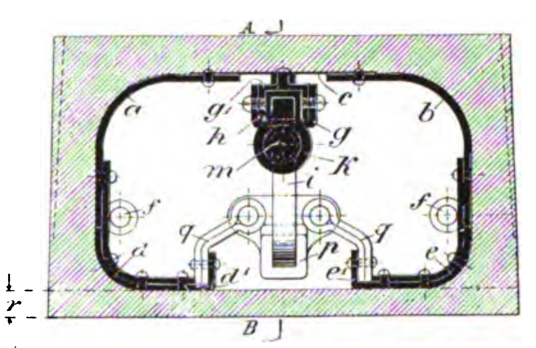
Bild 128. Umkanten der Visintinibalken.

Um den Modellkern aus dem Hohlraum des fertigen Balkens herausnehmen zu können, wird die Spindel m durch die Kurbel o gedreht, sodaß sich die Mutter k samt der Zugschiene h mit den Gleitbügeln i und $i_1$ gegen die Kurbel bewegt. Infolge dieser Bewegung und der schiefen Gleitbahnen der Gleitbügel i und $i_1$ bewegen sich die auf den ersteren befindlichen Gleitschuhe senkrecht nach aufwärts, wodurch die an den letzteren angelenkten Scharnierarme q die Platten d und e sowie a und b unter Bewegung des Stahlbleches c nach einwärts ziehen (vergl. oberste und unterste Zeichnung des Bildes 129). Die Platten a und b

sowie d und e drehen sich dabei um die Scharniere f. Der Rauminhalt und Umfang des Modellkernes ist durch den vorbeschriebenen Vorgang verkleinert worden, wodurch der Modellkern leicht aus der Form herausgezogen werden kann. Die Vorrichtung steht unter Patentschutz.

Sollen Säulen aus Beton hergestellt werden, so benutzt man zu den Formen ähnliche starke Bohlen als Formwände, wie sie bei der Herstellung von Wänden gebraucht werden, die durch hölzerne oder eiserne Rahmen oder Bänder zusammengehalten werden. Ob man die Säulen stehend oder liegend in die Formen einstampft, wird im wesentlichen von der Größe und Form derselben abhängig sein; wenn es indessen irgend angängig ist, so sollte man das Einstampfen in stehende Formen vorziehen, da die Stampfschichten der im Stehen gestampften Säulen besonders günstig zu der Belastungsrichtung der Säulen liegen.





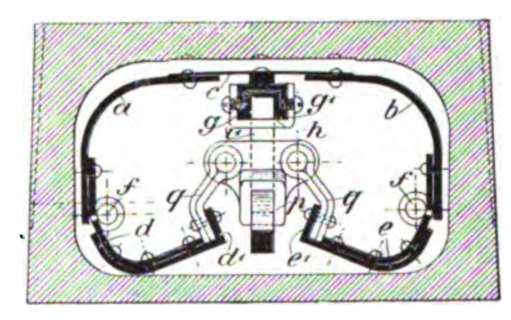


Bild 129. Modellkern für die Herstellung der Siegwartbalken.

Zur Anfertigung von Zementplatten, die als Pflaster von Bürgersteigen, als Fußbodenbelag für Küchen, Flure und dergleichen benutzt werden, gebraucht man heute seltener Einzelformen. Meistens werden solche Platten auf besonderen Schlagtischen hergestellt oder wenn sie besonders hoch beansprucht werden sollen, auf Pressen, die mit Kraftmaschinen betrieben werden. In Fällen, bei denen es sich nur um die Erzeugung einer kleineren Anzahl von Platten handelt, benutzt man einfache Holz- oder Eisenformen, welche auf eine glatte Unterlage gestellt werden, in welche die Betonmasse eingestampft wird. Früher wurden derartige Formen allgemein benutzt. Sie bestehen aus einem Rahmen, dessen einzelne Seiten durch Scharniere miteinander verbunden sind, während der Schluß durch einen Ueberwurf

oder Haken herbeigeführt wird. Meistens verwendet man eiserne Formen, wie Bild 130 zeigt, da Holzformen sich zu leicht abnutzen. Zum Einschlagen der Betonmasse in die Form dienen Würfelhammer aus hartem Holz oder Eisen mit kurzem Stiel. Das Abstreichen und Glätten der Betonmasse geschieht mittelst eines eisernen Lineals. Die Unterlage, auf welcher die Form ruht, besteht aus Eisen und soll möglichst eben und glatt sein.



Bild 180. Plattenform.

Es würde weit über den Rahmen, in dem das vorliegende Werk erscheinen soll, hinausgehen, wenn man alle Einzelformen, die beim Betonbau Anwendung finden, hier aufzählen oder gar genau beschreiben wollte, denn der menschliche Erfindungsgeist rastet nimmer, und fast täglich zeitigt er neue Erscheinungen auch auf diesem Gebiete. Bei der Unzahl von Gegenständen, die in Einzelformen hergestellt werden und im Baufach Verwendung finden, ist es ganz unmöglich, an dieser Stelle mehr als einen kurzen Abriß davon zu bringen. Man muß sich daher darauf beschränken, einzelne besonders wichtige und in allgemeiner Anwendung stehende Formen herauszugreifen.

Ein Zweig des Betonbaues, der sich in den letzten Jahren gewaltig entwickelt hat und der besonders auch in Deutschland große Fortschritte gemacht hat, ist die Herstellung von Zementmauersteinen aller Art. In der Regel werden Zementmauersteine auf besonderen Formmaschinen hergestellt, indessen gibt es zu diesem Zweck auch einige Einzelformen, welche vorzugsweise dann in Anwendung gelangen, wenn es sich darum handelt, die Herstellung von Zementmauersteinen zeitweilig für den eigenen Bedarf zu betreiben, in welchem Falle es sich meistens um eine begrenzte Anzahl handelt, oder wenn die Anschaffungskosten für eine Formmaschine in keinem Verhältnis zu der in Aussicht genommenen kleinen Leistung steht.

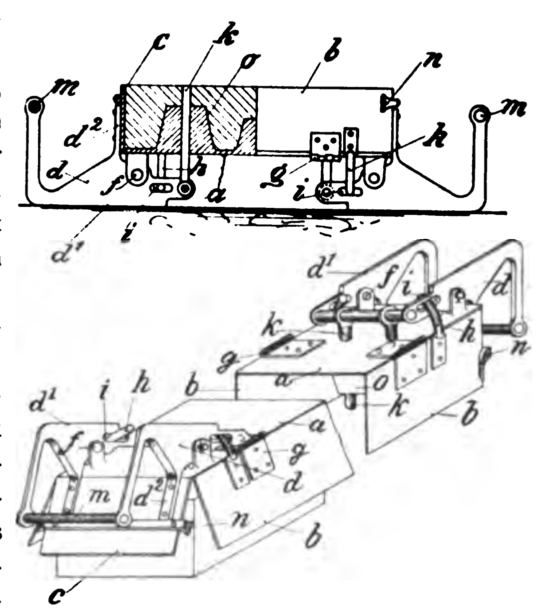



Bild 131. Einzelform für Zementmauersteine.

Eine solche Einzelform zeigt beispielsweise unser Bild 131. Diese Form ist der Firma A. Tevonderen & L. Pollaert in Dalheim patentiert. Der Formkasten besteht aus dem Boden a, den Seitenwandungen b und

den Stirnwandungen c. An der Unterseite des Bodens a sind um die Achsen f drehbare Doppelhebel d gelagert, die mit Auflageflächen $d_1$ versehen sind. Der eine Arm eines jeden Hebels ist senkrecht zur Auflagefläche $d_1$ umgebogen und die umgebogenen Enden zweier in der gleichen Achsenrichtung drehbarer Hebel sind durch die Bolzen m verbunden, die als Handgriffe dienen. Die die Handgriffe tragenden Hebelarme sind mit Schenkeln $d_2$ ausgestattet, welche gleichfalls senkrecht zu den Auflageflächen $d_1$ stehen. Mit den letzteren sind die vom Kastenboden unabhängigen Stirnwandungen c verbunden. Die Seitenwandungen b dagegen sind mittelst der Scharniere g an dem Kastenboden drehbar angelenkt und mit lenkerartigen Greifern h ausgestattet, die mit ihren umgebogenen Enden in Schlitze i der den Handgriffen entgegengesetzten Teile der Hebelarme eingreifen. Bei der Handhabung wird der Formkasten so aufgestellt, wie dies die obere Zeichnung des Bildes 131 zeigt, wobei die Hebel d mit ihren Auflageflächen $d_1$ auf einem Tisch oder einer anderen geeigneten Vorrichtung aufliegen. In dieser Stellung stehen die Schenkel $d_2$ der Hebel senkrecht und die Stirnwandungen sind geschlossen. Auch die Seitenwandungen b nehmen dabei infolge der Form der in den Schlitzen i sich führenden Greifer h die Schlußstellung ein. Ist der Formkasten in dieser Stellung gefüllt und die Oberfläche glatt abgestrichen, so wird der Kasten durch Erfassen der Handgriffe m hochgehoben und auf eine geeignete Unterlage umgestürzt, sodaß er die im Bild 131 unten rechts gezeichnete Stellung einnimmt. Wird nunmehr der Kasten durch Erfassen der Handgriffe m wieder gehoben, so drehen sich die Hebel d um die Achsen f. Infolgedessen öffnen sich die von ihnen getragenen Stirnwandungen c und gleichzeitig zwingen die Hebel durch Führung der gebogenen Finger h in den Schlitzen i die Seitenwandungen b, sich in den Scharnieren g zu drehen, sodaß sie sich ebenfalls öffnen. Damit in der Stellung der oberen Zeichnung beim Einfüllen der Betonmasse sämtliche Seitenwandungen dicht geschlossen sind, werden an den Kanten der Stirnwandungen c abgeschrägte Anschläge n angeordnet, die in der Schlußstellung über die Kanten der Seitenwandungen b hinweggreifen.

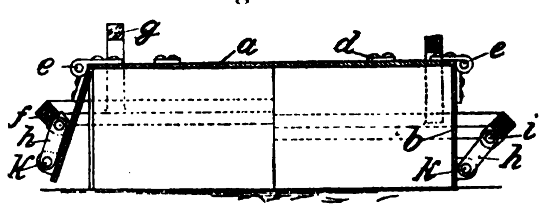


Bild 132. Formkasten für Zementmauersteine.

Eine weitere Ausbildung dieses Formkastens zeigt das Bild 132 und zwar ist links der Kasten in umgekehrter Stellung mit angehobenen Hebeln und geöffneter Stirnseite, rechts ebenfalls in umgekehrter Stellung, aber mit noch nicht angehobenen Hebeln gezeichnet. Mit dem Boden a sind die Längswandungen b und die Stirnwandungen durch die Scharniere d bezw. e aufklappbar verbunden. Der Formkasten ist dabei in einen ihn umgebenden, mit Füßen g versehenen Rahmen f eingehängt und zwar mittelst

der Gelenkhebel h, die einerseits um die Achsen i drehbar an den Rahmen f und andererseits um die Achsen k drehbar an den Seitenwandungen b und den Stirnwandungen s des Formkastens angreifen. Ruht der Rahmen f auf den Füßen g auf, so stützt sich der Formkasten auf die schräg stehenden Hebel h, und es werden vermöge seines Eigengewichtes dadurch sämtliche Seitenwandungen in geschlossener Lage erhalten. Ist der Formkasten angefüllt und entsprechend gepreßt, so wird er mit dem Rahmen zusammen auf eine geeignete Unterlage umgestürzt und dann vom Formling abgehoben, indem man den Rahmen mit der Hand erfaßt und anhebt. Infolge des Eigengewichtes des nunmehr an den schräg stehenden Hebeln h hängenden Formkastens wird sich jedoch dabei seine Grundplatte nicht sofort vom Formling abheben, sondern es werden zunächst die Stirn- und Seitenwandungen aus der im Bild rechts dargestellten in die links gezeichnete ausschwenken, bis sie sich mit ihren Außenflächen gegen die gleichfalls ausschwenkenden Gelenkhebel h anlegen. Beim weiteren Anheben des Rahmens wird dann der Formkasten vollkommen vom Formling abgehoben. Auch diese Einrichtung ist der Firma Tevonderen & Pollaert in Dalheim durch Patent geschützt.

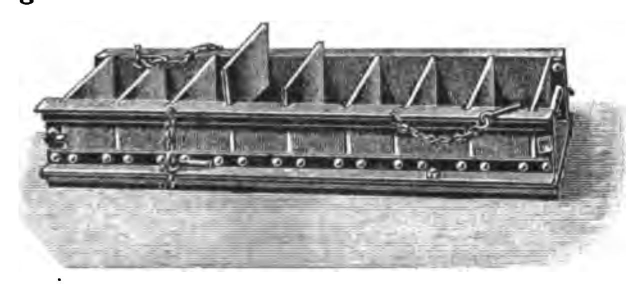


Bild 133. Formkasten für acht Steine.

Statt der Formkästen für einzelne Steine verwendet man auch häufig trogartige Formen, in welchen 6 bis 8 und noch mehr Steine auf einmal hergestellt werden. Im Bild 133 ist eine eiserne Form dargestellt, mittelst welcher man durch eine Stampfung 8 Mauersteine aus Betonmasse gleichzeitig herstellen kann. Die beiden Längsseiten sind an den Stirnseiten durch Bolzen verbunden und haben an den Innenseiten neun sich gegenüberstehende Einschubschlitze, welche zur Aufnahme der Trennungswände zwischen den einzelnen Steinen bestimmt sind. Die ganze Form wird auf eine passende Unterlage gestellt und der Betonmörtel eingefüllt und festgestampft. Nach erfolgter Stampfung werden die Haltebolzen gelockert und die Scheidewände zwischen den einzelnen Steinen entfernt. Darauf wird die Form nach oben herausgezogen und die Unterlage mit den auf ihr befindlichen Steinen zum Abbinden und Erhärten in die Gerüste geschafft.

Während erst in den letzten Jahren in Deutschland der Zementmauerstein in Größe des Reichsformats der Ziegel größere Verbreitung zu finden anfängt, ist man in Amerika bereits weiter vorgeschritten, und es wird dort der Zementmauerstein in Größe des Tonziegels nur noch wenig angewendet, dagegen dem Betonbaublock der Vorzug gegeben.

Unter Betonbaublock verstehen wir einen Mauerstein, welcher in seinen Abmessungen die übliche Größe gewöhnlicher Mauerziegel mehrfach überschreitet, der also mehr dem Quader entspricht.

Dieser Zweig des Betonbaues hat in den letzten Jahren eine bedeutende Entwickelung erfahren und auch in Deutschland fängt der Betonbaublock an, sich immer mehr Freunde zu gewinnen. Die hauptsächlichsten Formen, welche zur Herstellung dieser Art Steine dienen, sollen nachstehend besprochen und später noch genauer auf die einzelnen Betonbaublockformen eingegangen werden.

Der Betonbaublock wird heute meistens als Hohlblock verwendet, weil der Block bei leichterem Gewicht größere Abmessungen erhalten kann, was seine Verwendungsfähigkeit begünstigt und von hoher wirtschaftlicher Bedeutung ist. Abgesehen von der bedeutenden Baustoffersparnis bietet der Hohlblock aber auch noch eine ganze Reihe besonderer Vorteile dar, die später noch genauer besprochen werden sollen.



Bild 134. Palmer's Hohlblockmaschine.

Abgesehen von früheren Versuchen, den Betonbaublock allgemeiner einzuführen, die sich bis in das Jahr 1850 zurückverfolgen lassen, kann man das Jahr 1887 als Geburtsjahr der amerikanischen Betonbaublockindustrie betrachten. In H. S. Palmer war ihr ein Mann entstanden, der in jeder Beziehung bahnbrechend und vorbildlich vorgegangen ist. Nur wenige der später auf Betonbaublöcke weiter erteilten Patente zeigen wirkliche Neuerungen. Auf jeden Fall war Palmer der erste, der darauf hinausging, mit ein und derselben Formmaschine Blöcke von verschiedener Form und Größe herzustellen und dabei die Formkerne so anzubringen, daß sie noch vor der Ausformung aus der frischen Betonmasse herausgezogen werden können. Unser Bild 134 zeigt eine Formmaschine, welche für die Herstellung von Ecksteinen hergerichtet ist. Bild 135 zeigt einen Teil der Ansichtsflächen der mit dieser Maschine erzielbaren Steinarten, auf deren einfachste Form

wir noch zurückkommen. Mit der Palmer'schen Maschine lassen sich ganze, halbe, viertel und dreiviertel Blöcke, sowie solche mit abgeschrägten Ecken und endlich auch Eckblöcke herstellen. Die mit Hilfe von Zahnstangen zu hebenden und zu senkenden Kerne a und c (siehe Bild 136) bewirken in den ganzen Blöcken längliche rechteckige, Kern b mittlere 6eckige Aussparungen. Sollen halbe Blöcke hergestellt werden, so wird eine Trennungsplatte in die Längsspalte i des Mittelblokkes eingeklemmt. Der Kern c besteht aus drei auf einer Grundplatte befestigten Teilen, den festen Teilen d und g und dem auswechselbaren Mittelstück f. Sollen viertel und dreiviertel Blöcke hergestellt werden, so wird f entfernt und durch den sechseckigen Kern e ersetzt, und in dessen Längsspalte die Trennungsplatte i eingeklemmt.

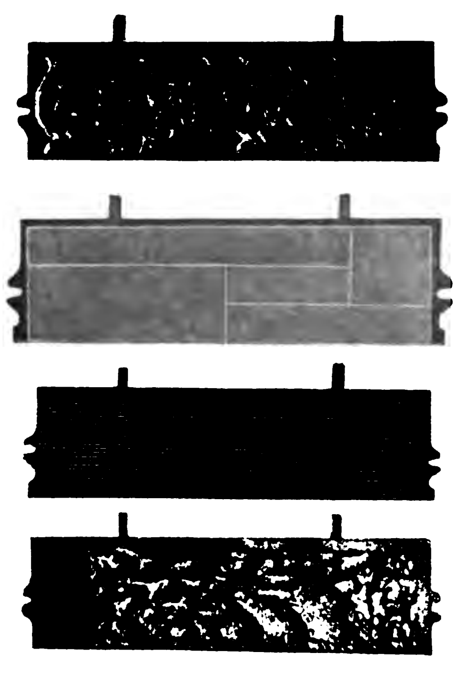


Bild 135. Formenwände zur Palmerschen Maschine.

Der Teil g des Kernes c besitzt ein abschraubbares Eckstück h, welches durch eine schräg verlaufende Platte ersetzt werden kann, wodurch Blöcke mit abgeschrägten Ecken entstehen. Um Eckblöcke herzustellen, wird die Stirnwand k durch die längere Wand l, die Seitenwand o durch p ersetzt. Dafür wird k an l und das Zwischenstück n angeschlossen, auf einem mit der Hebevorrichtung verbundenen Arme der Kern m befestigt und die Grundplatte A durch die winkelförmige Grundplatte B ersetzt. Die Grundplatten können durch Spindeln gehoben und gesenkt werden, wodurch Blöcke von beliebiger Höhe entstehen. Zu jeder Maschine gehört eine ganze Reihe auf der Innenseite verschieden gemusterter Formwände, deren Anwendung die

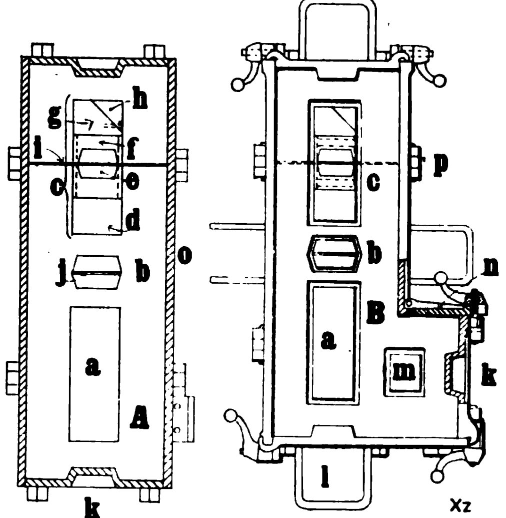



Bild 136. Ebener Schnitt durch zwei Palmer'sche Formmaschinen für gewöhnliche und Eckblöcke.

Erzielung der verschiedensten Wirkungen ermöglicht. Die größten auf der Maschine herstellbaren Blöcke sind 80 cm lang, 40 cm breit und 22,5 cm hoch. Daß aber Länge und Breite im weitesten Sinne geändert werden können, haben wir bei Beschreibung der Maschine bereits erwähnt.



Bild 187. Palmer's Maschine für Kaminsteine.

Außer der oben beschriebenen Maschine hat Palmer noch eine solche zur Erzeugung von Schornsteinsteinen in den Handel gebracht, die unser nächstes Bild 137 darstellt. Sie ist bedeutend kleiner und dient zur Herstellung von 60 cm langen, 45 cm breiten und 22,5 cm hohen Hohlblöcken. Diese werden ohne weiteres in die Umfassungswände oder Trennungswände eingebaut, wie dies aus dem folgenden Bild 138 hervorgeht. Für die in Amerika immer noch ziemlich verbreiteten Holzhäuser eignen sich diese Blöcke vorzüglich zur Aufführung von Schornsteinen. Für Abdecksteine und Gesimssteine baut Palmer eine besondere Maschine, auf der natürlich auch kleinere Blökke hergestellt werden können. Die größte Länge dieser Gesimsblöcke beträgt 135 cm, ihre Höhe 20 bezw. 22,5 cm.

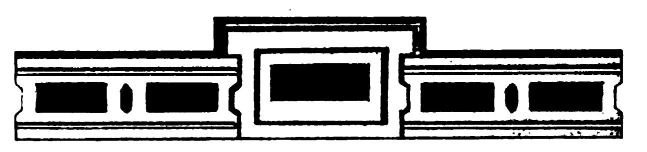


Bild 188. Einbau eines Kaminsteines in eine Palmerwand.



Bild 189. Palmer's Betonblockform für Abdeck- und Simssteine.

Die gewöhnlichen Palmerblöcke besitzen zwei größere längliche und einen dazwischen gelegenen Hohlraum von quadratischem Querschnitt. An den Schmalseiten liegen Nuten, welche beim Verlegen der Blöcke aneinander stoßen und mit

Mörtel ausgefüllt werden. In den Seitenwänden verlaufen flache Mörtelrinnen. Die Palmerschen Blöcke erfreuen sich großer Beliebtheit.

Während bei den Palmerblöcken der Zweck der Hohlräume als Luftisolierung nicht so sehr in Geltung trat, treten bei den jetzt zu besprechenden beiden Arten die Isolierräume viel mehr in den Vordergrund. Auch bei diesen Blöcken entspricht die Breite der ganzen Mauerstärke, während sich ihre Länge in den gewöhnlichen Grenzen bewegt. An Stelle der großen, eine Reihe bildenden Hohlräume treten schmalere Hohlräume, welche in zwei Reihen nebeneinander liegen und den ausgesprochenen Zweck haben, eine möglichst weitgehende Luftisolierung herbeizuführen. Während der in unserem nächsten Bild 140 dargestellte Mirackeblock beim Vermauern neben- und hintereinander gelegene senkrechte Luftschächte bildet, erzeugt der Blakesleeblock (Bild 141) hintereinander verlaufende Kanäle. Ohne Zweifel bewirken auch bei diesen Blöcken die Hohlräume eine bedeutende Stoff- und Gewichtsersparnis. Hauptzweck bleibt aber die Luftisolierung. Blakeslee, dessen Block durch das amerikanische Patent No. 760774 geschützt ist, hat in seiner Patentbeschreibung auch eine Ausführungsart angegeben, bei welcher drei fortlaufende Luftkanäle hintereinander liegen. Dieselbe scheint sich jedoch nicht bewährt zu haben, denn wir begegnen ihr nirgends in den zahlreichen Anpreisungen der verschiedensten Fachschriften, selbst nicht in den Katalogen. Bei den Mirackeblöcken wird besonderes Gewicht darauf gelegt, daß die Hohlräume länger sind als die Stegbreite, und daß hinter einem Stege jedesmal ein Hohlraum zu liegen kommt. Es gibt also keine Stelle des Mauerwerkes, an welcher ein durch die Mauer gelegter senkrechter Schnitt ausschließlich in Mörtelmasse verläuft, zum mindesten trifft er auf eine Luftschicht. Das gleiche aber gilt von den Blakesleeblöcken. An die Stelle des senk-

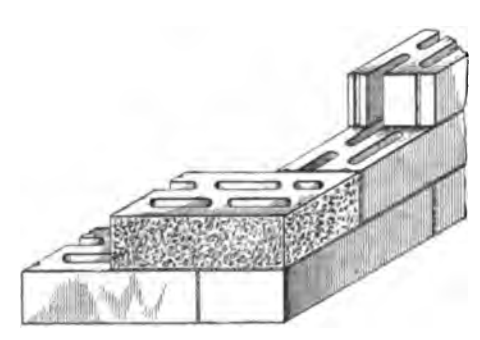


Bild 140. Der „Miracle“-Block.



Bild 141. „Blakeslee“-Block.

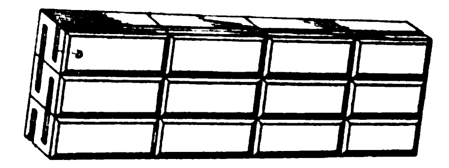


Bild 142. Der „Blakeslee“-Block im Mauerwerk.

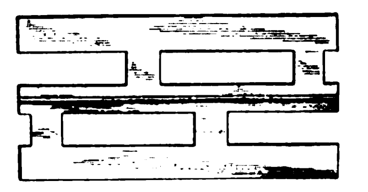


Bild 143. Der „Dierlamm“-Block.

rechten Schnittes tritt hier nur der wagerechte Schnitt. Es ist äußerst bezeichnend für die Handhabung des amerikanischen Patentrechtes, daß das am 9. Juni des Jahres 1903 unter der No. 730780 erteilte Miracleblockpatent uns in fast gleicher Ausführungsform in dem des Peter Dirlamm im November des Jahres 1904 unter No. 774835 wieder begegnet (Bild 143). Auch hier haben wir zwei versetzt hintereinander liegende Reihen von Hohlräumen. Die zwischen diesen verlaufenden Mörtelrinnen haben anscheinend lediglich den Zweck, das ältere Patent zu umgehen. Wir halten uns deshalb auch bei dieser Form von Blöcken nicht länger auf, obwohl noch eine ganze Reihe ähnlicher Erzeugnisse angepriesen wird, wie ja überhaupt fast jeder Tag neue amerikanische Betonbaublockpatente bringt. Geht darin doch z. B. die Hayden Automatic Block Machine Co. in Columbus-Ohio so weit, daß sie den Käufern ihrer Betonblockmaschine eine gewisse Summe hinterlegt, damit diese gegen die aus Patentstreitigkeiten erwachsenden Kosten gedeckt sind.

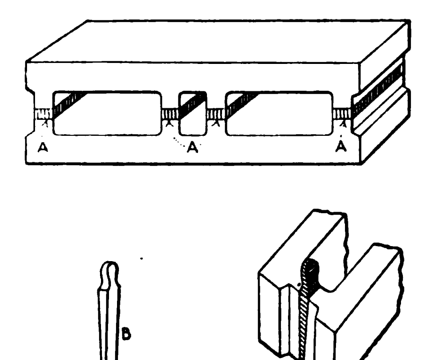


Bild 144.
Der „Turdy & Henderson“-Block.

Oft sind allerdings nicht wegzuleugnende Unterschiede in der Ausführungsart und Arbeitsweise der verschiedenen Maschinen vorhanden, während die darin erzeugten Blöcke sich so ähnlich sehen, wie ein Ei dem anderen.


Bild 145.
Herkules-Betonbaublock.

Wir kommen nun zu einem ganz vereinzelt dastehenden Betonbaublock, welcher sich dadurch auszeichnet, daß außer dem Luftraume noch eine ganz besondere Vorrichtung getroffen ist, die Feuchtigkeit von dem von der Mauer umschlossenen Raume fern zu halten. Die Hauptmasse des Blockes besteht aus gewöhnlichem Zementbeton, wie dieser bei allen anderen Blöcken auch verwendet wird. Während des Einstampfens werden aber Keile B in die Form eingesetzt (Bild 144), deren Platz also von der gewöhnlichen Betonmasse freibleibt. Nach dem Einstampfen dieser letzteren werden die Keile entfernt und die dadurch entstehenden Unterbrechungen der die Hohlräume trennenden Stege mit


Bild 146. Herkulesblöcke verschiedener Größe.

einer wasserdichten Masse vollgestampft. Als solche empfehlen die Erfinder Turdy & Henderson in New-York eine fette Mischung von Zement mit sehr feinem Sande oder Steinmehl, oder beide letzteren zusammen, unter Zusatz von trocken gelöschtem Kalk oder Asphalt. Es ist sehr fraglich, ob durch dieses Verfahren die Blöcke nicht gerade an der Stelle am meisten geschwächt werden, wo ihre Beanspruchung verhältnismäßig

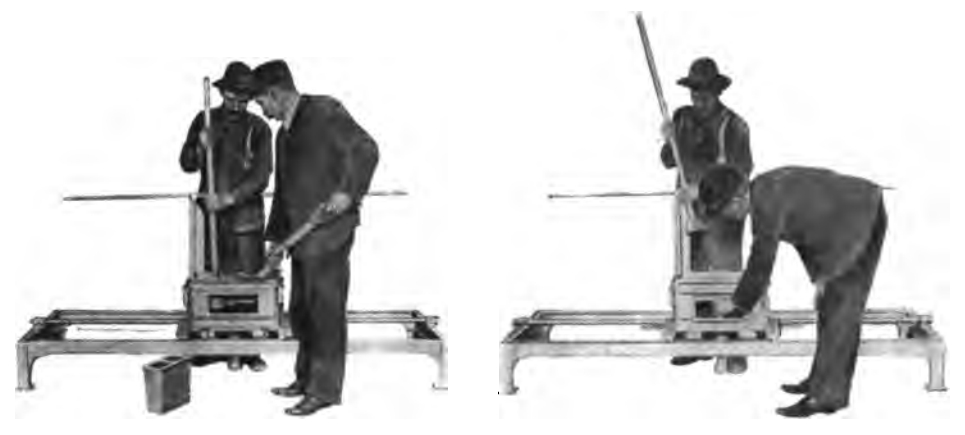


Bild 147. Die Herkulesmaschine. Bild 148. Einschieben der Form.

hoch ist, und ob durch diesen Nachteil der Vorzug größerer Wasserundurchlässigkeit nicht mehr als aufgewogen wird. Weit vorteilhafter scheint uns in dieser Hinsicht das Vorgehen der Century Cement Machine Co. in Rochester, N.-Y., zu sein, welche bestrebt ist, dem Eindringen der Feuchtigkeit bereits an der Außenfläche ihrer Blöcke durch Anbringung

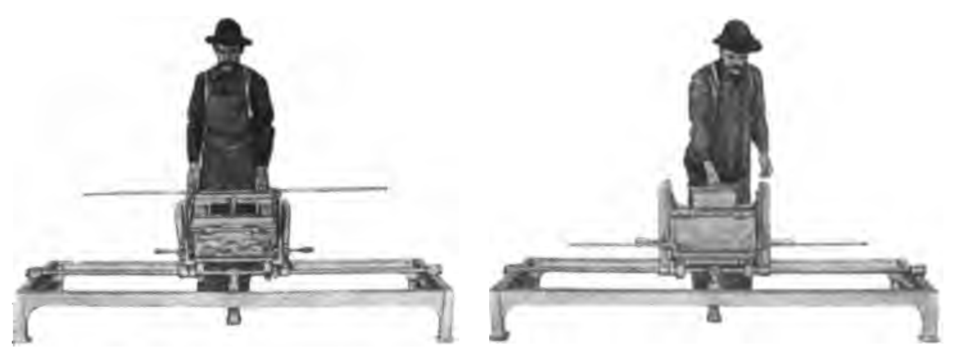


Bild 149. Das Wenden der Form. Bild 150. Das Herausziehen des Kerns.

einer fetteren und damit wasserundurchdringlichen Mörtelschicht zu begegnen. Unser Bild 145 zeigt einen Block, der in seiner sonstigen Gestaltung durchaus keine besonderen Merkmale zeigt, bei dem jedoch die Mörtelmischung an der Außenseite aus einem Teil Portlandzement und zwei Teilen Sand besteht, während sie in allen anderen Teilen des Blockes dem Verhältnisse 1 : 5 entspricht. Ohne Frage wird dadurch die Außen-

feuchtigkeit gut abgehalten, ohne daß die Lüftung des Gebäudes beeinträchtigt würde.

Das Bild 146 zeigt eine ganze Reihe hervorragend schöner Betonbaublöcke von der verschiedensten Größe, die alle auf ein und derselben Maschine der Century Cement Maschine Co. hergestellt sind. Das ist ein nicht zu unterschätzender Vorteil, der nicht nur dem Erzeuger zugute kommt, sondern auch von Wert für die architektonische Ausgestaltung des Blockbaues ist. Dadurch, daß ohne besondere Anschaffungskosten eine große Mannigfaltigkeit in der Größe der Blöcke ermöglicht wird, wird dem Blockbau der Charakter der Einförmigkeit genommen, und er tritt in berechtigten Wettbewerb mit jedem anderen irgendwie gearteten Baustoff. Die Herstellung des Herkulesblockes weicht jedoch auch in anderer Hinsicht von der des Palmerblockes ab, indem die Formkerne für die Hohlräume



Bild 151. Der Block, zum Abtragen fertig.



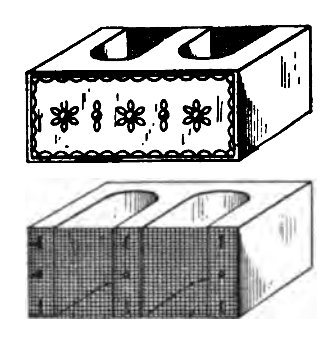
Bild 152.
Gleichzeitiges Einstampfen zweier Blöcke.



Bild 153.
Einstampfen einer Fenstersohlbank.

nicht vor Beginn des Einstampfens senkrecht eingeschoben werden, sondern, wie aus unserem Bild 146 hervorgeht, in wagerechter Richtung erst einzubringen sind, nachdem die nach der Schauseite gerichtete Blockwand eingestampft ist. Hierauf erst erfolgt das Einstampfen der Stege und übrigen Wände einschließlich der Rückwand. Nachdem die Rückwand mit der Kelle glatt gestrichen wurde, wird die Form um 90 Grad gedreht, sodaß nunmehr der breitere Teil des konischen Formkernes nach

oben schaut. Dieser wird von dem Arbeiter herausgezogen, die Vorderwand der Form entfernt, die Seitenwände umgelegt, sodaß der Block nun frei auf einem Blech ruht, das die Formwand bildet, welche während des Einstampfens die rückwärtige Begrenzung der Form ausmachte. Mit dieser wird er ohne Mühe nach dem Härteplatz getragen. Das auf unseren Bildern 147—153 sichtbare lange Untergestell gestattet das gleichzeitige Einstampfen zweier Blöcke, wie auch die Herstellung sehr langer Fensterabdeckungen oder Gesimse. So zeigt unser letztes, diese Maschine betreffendes Bild 153 das Einstampfen einer 1,80 m langen Fenstersohlbank.



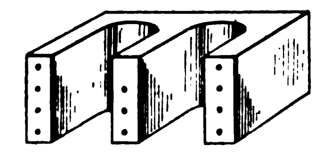


Bild 154. Der „Mather & Bowen"-Block.

Eine ganz eigentümliche Art von Betonblöcken, der wir auch nur einmal begegnen, ist die Mather & Bowen unter No. 776409 patentierte. Der Block geht ebenfalls durch die ganze Mauerstärke durch und besitzt je zwei große Hohlräume. Aber er weicht doch von allen anderen wesentlich ab. Wie aus dem Bild 154 ersichtlich ist, bestehen ursprünglich die Hohlräume lediglich aus zwei tiefen Einbuchtungen, die erst nach dem Erhärten durch Anbringung eines Metallnetzes geschlossen werden. Dieses Metallnetz wird dann mit irgend einem Mörtel verputzt. Zur Anbringung des Metallnetzes sind in den Stegen des Blokkes je vier Löcher vorgesehen, in welche Drahtstifte eingeschlagen werden können. Die Vorderseite des Blockes kann, wie dies ja bei den anderen Blöcken auch der Fall ist, auf beliebige Weise verziert werden. Ohne Zweifel hat der beschriebene Betonbaublock den Vorteil großer Stoffersparnis, auch fällt beim Einstampfen das Herausziehen der Kerne für die Hohlräume weg, weil diese mit einer Formwand fest verbunden sein können. Dafür erfordert aber die Anbringung des Drahtnetzes wieder Zeit und

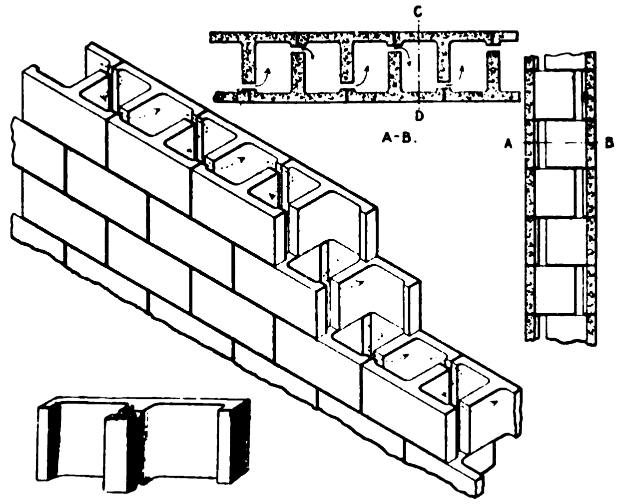
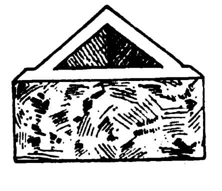



Bild 155. Der „Whittlesey"-Block und sein Verband.

Arbeitslohn. In den Anpreisungen der verschiedenen amerikanischen Fachzeitungen begegnet man diesem an sich recht einfachen Baublocke nur höchst selten.

Während alle bis jetzt geschilderten Baublöcke eine Breite besaßen, welche der ganzen Mauerstärke entspricht, kommen wir nun zu einer Reihe von Blöcken, bei denen dies nicht der Fall ist. An Stelle des einen Blockes treten nunmehr deren zwei, die sich aber gewissermaßen gegenseitig ergänzen. Am deutlichsten kommt dies bei dem Whittlesey'schen Block zum Ausdruck, dessen wirtschaftliche Ausbeutung die American Hydraulic Stone Co. in die Hand genommen hat. Der Block besitzt eigentlich keine Hohlräume mehr, diese werden vielmehr durch den eigenartigen Einbau der Blöcke erst während des Vermauerns gebildet. Da unser Bild 155 die Gestalt und die Art des Verbandes dieses Blockes deutlich zeigt, beschränken wir uns darauf, die Art seiner Verwendung zu erläutern und fügen nur noch hinzu, daß wir die Länge eines Blockes zu 60 cm, seine Höhe zu 30 cm und seine Wandstärke zu



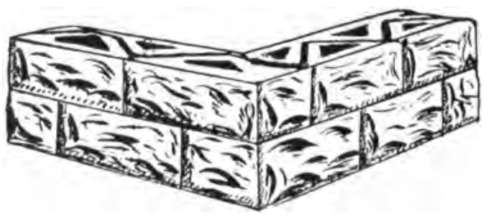


Bild 156.
Hohlblock der „Mandt“-Zementblock-Co.



Bild 157. Gußform von Pettyjohn für Gesimssteine.

7,5 cm angeben. Die von den Wandplatten in die Mitte des Mauerwerkes hineinragenden Stege sind 22,5 cm lang. Die Blöcke werden so verlegt, daß zwischen den Stegen und den ihnen gegenüber zusammenstoßenden Enden der Platten ein Raum von 5 cm frei bleibt. So entstehen fortlaufende, dicht nebeneinander liegende, senkrechte Luftschächte, welche in jeder Schicht durch kurze, 5 cm breite und 30 cm hohe, wagerechte

Kanäle miteinander verbunden sind. Da die Auflagerfläche von Steg auf Steg 17,5 cm beträgt, entsteht auf diese Weise eine im vorzüglichen Verbande stehende Mauer mit einer geradezu nicht mehr zu übertreffenden Lüftung. Die ganze Mauerstärke beträgt dabei allerdings 42,5 cm, davon treffen aber, dem Schnitte C D unserer Zeichnung folgend, nur 15 cm auf Beton, alles übrige ist Luft. Wir stehen nicht an, zuzugeben, daß uns von allen bis jetzt bekannt gewordenen Betonbaublöcken der Whittlesey'sche am besten gefallen hat. Es ist wohl kaum noch notwendig, hervorzuheben, daß seine Schauflächen in jeder Art ausgestattet werden können. Eine einzige, noch nicht einmal sehr große Stampfform genügt für seine Herstellung.

Auch der Betonbaublock der „Mandt"-Zementblock-Co. geht nicht durch die ganze Mauerbreite durch. Er besteht aus einer Vorderplatte, von welcher aus zwei sich rückwärts unter rechtem Winkel vereinigende Stege ausgehen, so einen Hohlraum von dreieckigem Querschnitt bildend. Die Verlegung erfolgt in der aus unserem Bild 156 in leicht verständlicher Weise hervorgehenden Art. Für Eckblöcke bedarf es besonderer Formen.




Bild 158. Eine neuere Betonblockmaschine.

Somit hätten wir die hauptsächlichsten Grundformen der Betonbaublöcke besprochen, soweit sie in unveränderlicher Form und unter Zuhilfenahme mehr oder weniger einfacher Maschinen erzeugt werden. Es würde uns viel zu weit führen, wollten wir auch annähernd alle Vorrichtungen zur Erzeugung der Betonbaublöcke beschreiben. Da es sich fast ausnahmslos um Hohlblöcke handelt, genügt eine allgemeine Betrachtung über die Anforderungen, welche man an derartige Maschinen stellen kann.

In Amerika scheint man sich über eine grundlegende Frage noch nicht ganz klar zu sein, nämlich über den Feuchtigkeitsgrad der zu verarbeitenden Betonmassen. Manche glauben, für gegossene Betonblöcke die Hand ins Feuer legen zu müssen, wieder andere können den Wasserzusatz nicht weit genug herabsetzen, während ein größerer Teil der dortigen Zementwarenhersteller einer mittelfeuchten Mischung den Vorzug gibt. Daß diese Anschauungen nicht ohne merklichen Einfluß auf die Beschaffenheit der Maschinen sind, liegt auf der Hand. Benutzt man Gußbeton, so ist es nicht möglich, die Blöcke sofort aus der Form herauszunehmen, wie dies bei trockenen Mischungen der Fall ist. Man braucht also mehr Formen und muß deshalb mehr Geld dafür ausgeben.

Damit geht aber Hand in Hand, daß die Maschine an sich einfacher und billiger werden muß, damit sie mit den Vorrichtungen zur Verarbeitung trockener Betonmasse in den Wettbewerb treten kann. In diesem Falle wird von eigentlichen Maschinen oft ganz und gar abgesehen, und man begnügt sich mit Gußformen, wie sie unser Bild 157 für die Herstellung von Gesimssteinen zeigt. Gewöhnlich versieht man diese Formen mit umlegbaren Wänden und verschiedenen Einsätzen, damit man mit einer Form in ihrer Gestaltung abweichende Blöcke herstellen kann.

Die Anwendung einer sehr trockenen Betonmischung bedingt kräftiges Einstampfen. Dies kann aber wieder nur auf einer sicheren, nicht nachgibigen Unterlage ausgeführt werden, welche entweder ein sehr kräftiges Maschinengestell voraussetzt oder dies ganz in Wegfall kommen läßt, sodaß in diesem Fall die bloße Form auf den Boden zu liegen kommt. Je verwickelter der Bau einer Maschine ist, umsomehr wird sie auf die Verarbeitung mittelfeuchter Massen angewiesen sein, bei denen schon leichtes Klopfen genügt, um die Formen genau auszufüllen und die Entstehung unbeabsichtigter Hohlräume zu vermeiden. Dazu gehören alle Maschinen mit beweglichen Kernen und kippbaren, sowie in der Längs- und Breiterichtung verstellbaren Formen, also z. B. auch die von Palmer. Die Grundsätze, nach welchen der Bau solcher Maschinen erfolgt, lassen sich kurz in folgendem zusammenfassen. Die Maschine darf vor allen Dingen nicht zu schwer sein, denn ein großer Vorteil des Betonbaublockes besteht darin, daß er, das Vorhandensein passenden Kieses vorausgesetzt, möglichst nahe an der Baustelle erzeugt wird. Platzveränderungen müssen also ohne große Schwierigkeiten bewerkstelligt werden können. Ein zweites Haupterfordernis besteht darin, daß das Ausformen des fertigen Blockes und das Wiederzusammensetzen der Form möglichst schnell von statten geht. Zu diesem Zweck wird meistens nur die Grundplatte, auf welcher der Block gestampft wird, lose eingelegt, während die Seitenwände mit Scharnieren befestigt sind und nach unten umgeklappt werden müssen. Dieses Umklappen besorgen die verschiedensten Vorrichtungen, wie Hebel oder Spindeln, sodaß durch Bewegung einer einzigen Kurbel oder eines Seitenhebels sämtliche Seitenwände zu gleicher Zeit umgelegt oder wieder aufgerichtet werden. Manche Hersteller derartiger Maschinen gehen sogar so weit, daß der gegenseitige Verschluß der Seitenwände an den zusammenstoßenden Kanten gleichzeitig mit dem Aufklappen erfolgt oder bei dem Niederklappen gelöst wird. Aehnlich verhält es sich mit dem Heben und Senken der Formkerne. Auch dies geschieht entweder mittels einer Kurbel oder eines Handhebels, in vielen Fällen gleichzeitig mit der Bewegung der Seitenwände der Stampfform. Daß derartige Teilbewegungen weitesten Spielraum für die Erfindungsgabe bieten, darf uns nicht Wunder nehmen. Kommt nun noch dazu, daß der Block nicht auf derselben Seite lagert, auf der er hergestellt wurde, daß also dem Herausheben des Blockes eine Drehung der Form um ihre Längsachse vorher-

geht, so müssen wir uns gestehen, daß in der Tat eine Betonhohlblockmaschine ein besonderes Kunstwerk darstellen kann. Zeit ist Geld, und wohl nirgends so sehr als in den Vereinigten Staaten von Amerika. Jeder in Wegfall kommende Handgriff ist eine gute Empfehlung für eine neue Maschine; jeder neue Rekord in der Anzahl der in einer gegebenen Zeiteinheit fertiggestellten Blöcke bildet eine Grundlage zu neuer, schwunghafter Anpreisung.

Die Zeiten, in denen weite Gebiete der Vereinigten Staaten menschenleere Steppen und Prärieländer darstellten, sind für immer vorbei. Mit rasender Eile macht auch im entferntesten Westen die bescheidene Blockhütte dem massiven Steinhause Platz. Blühende Städte entstehen, wo noch vor kaum zehn Jahren der Büffel ungestört seine Mahlzeit hielt. Da ist keine Zeit, den Bau von Ringöfen abzuwarten, um darin Ziegel zu brennen; auch der Kalksandstein ist nicht schnell genug herzustellen, nur der Betonbaublock entspricht hier den hastenden Wünschen der Menschen. Rasch ist eine Maschine angeschafft; Kies und Sand gibt es in fast allen Flüssen, Portlandzement hat man in den Vereinigten Staaten schon längst mehr, als verbraucht werden kann. Und wie schnell geht dann das Bauen mit den großen Blöcken, deren 0,072 cbm ungefähr 40 Ziegeln deutschen Reichmaßes entsprechen! Es wird also nicht nur bei der Herstellung von Blöcken an Arbeitslohn gespart, sondern auch bei ihrer Verwendung.

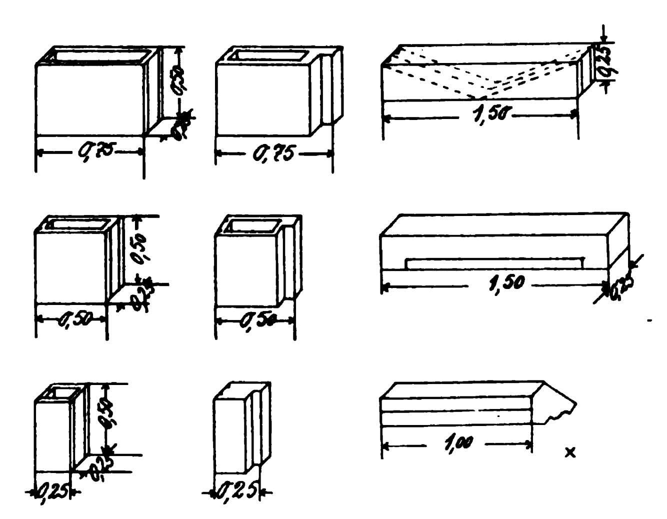


Bild 169. Hohlblöcke nach Lilienthal.

Die auffallend schnelle Verbreitung des Hohlblockbaues in Amerika spricht so sehr für die Vorzüge dieser Bauweise, daß man nur seinem Bedauern darüber Ausdruck geben kann, daß wir in Deutschland hierin, abgesehen von wenigen schüchternen Versuchen, noch so weit im Rückstand sind. Die Schuld hieran trägt ohne Zweifel in erster Linie der starre Bürokratismus, der im Bauwesen besonders grell hervortritt und allen neuen Bestrebungen von vornherein Fesseln anlegt, ohne sich darum zu kümmern, ob dem Allgemeinwohl daraus Nutzen erwächst, und ohne zu prüfen, ob das Neue gut ist. Gerade die Betonindustrie kann davon ein Lied singen, und als der preußische Minister im Jahre 1904

diese Frage in Bezug auf den Eisenbeton durch Erlaß der bekannten Bestimmungen löste, ist diese Tat von den Betonfachleuten freudig begrüßt worden. Wenn wir auch anerkennen müssen, daß die Baubehörden eine verantwortungsvolle Tätigkeit auszuüben haben, so muß doch andererseits dafür Sorge getragen werden, daß der freien Entwickelung des Bauwesens dadurch kein Hemmschuh angelegt wird. Hier den richtigen Weg zu finden, muß das erste Bestreben der Behörden sein, und wenn dieser Weg gefunden ist, werden auch die häufigen und leider oft sehr berechtigten Klagen der Betonbauleute verstummen. Die fortschreitende Erkenntnis läßt sich nicht durch engherzige und kleinliche Auslegung des starren Buchstabens vergewaltigen und es wäre wirklich Zeit, daß hier Wandel geschaffen und mit dem bisher geübten Verfahren gebrochen wird.



Bild 160. Das Einstampfen der Hohlblöcke.

Trotz dieser eben gekennzeichneten Schwierigkeiten, welche von Seiten der Behörden dem Betonblockbau gegenüberstehen, sind anerkennenswerte Versuche damit auch in Deutschland gemacht worden. Dicht vor den Toren Berlins, in Weidmannslust, befindet sich eine größere Anzahl von hübschen Landhäusern, welche durchgängig in Hohlblockbau hergestellt sind. Es ist eine Baugenossenschaft, welche das Wagnis unternommen hat, und die Bauten haben sich so gut bewährt, daß jetzt etwa 50 bis 60 freundliche Häuschen auf dem märkischen Sande im dichten Kiefernwalde entstanden sind. Die zu diesen Bauten verwendeten Hohlquadern sind alle nach dem Patent Lilienthal, D. R. P. 100 730 hergestellt und haben eine Drahteinlage von $2^1/_2$ mm Stärke, welche in dem Zement, je 10 cm von Unter- und Oberkante des Blockes entfernt, eingebettet ist. Die verschiedenen Arten von Quadern, welche bei den Bauten Verwendung finden, sind auf unserem Bilde 159 dargestellt. Die

mit Ansatz versehenen Hohlblocksteine in der Mitte des Bildes geben, paarweise zusammengesetzt, Eckblöcke, rechts auf dem Bilde sind die Türen- und Fensterabdecksteine gezeichnet, welche eine stärkere Drahteinlage von 5 mm besitzen. Diese Steine sind ohne Hohlraum hergestellt, ebenso die Gesimssteine, welche unten rechts auf unserem Bilde zu sehen sind

Das Einstampfen der Blöcke geschieht in gewöhnlichen, sehr einfach hergestellten Blechformen. Unser Bild 160 zeigt eine Arbeitergruppe, welche mit dem Einstampfen eines Blockes beschäftigt ist. Die Blöcke ruhen dabei auf einer festen, aus Zementbeton hergestellten glatten Bahn, und nach dem Fertigstampfen wird die Form durch Lösen einiger Flügelschrauben leicht in ihre einzelnen Teile zerlegt und von dem fertigen Block abgezogen. Der Block bleibt dann unberührt zur Erhärtung auf der Stelle stehen, wo er angefertigt wurde, und die Form wird nebenan wieder zusammengesetzt und aufgestellt. Infolgedessen entsteht, wie auf unserem Bilde zu sehen, die reihenförmige Anordnung der fertigen Blöcke, welche etwa vier Wochen an der Luft erhärten, bis sie beim Bau verwendet werden. Natürlich werden die Blöcke in der ersten Zeit gehörig mit Wasser genetzt, um ihnen eine gute Erhärtungsmöglichkeit zu geben. Um ein Anhaften des Blockes an der Unterlage zu verhindern, wird die unten offene Form auf einen Bogen Zeitungspapier gestellt.

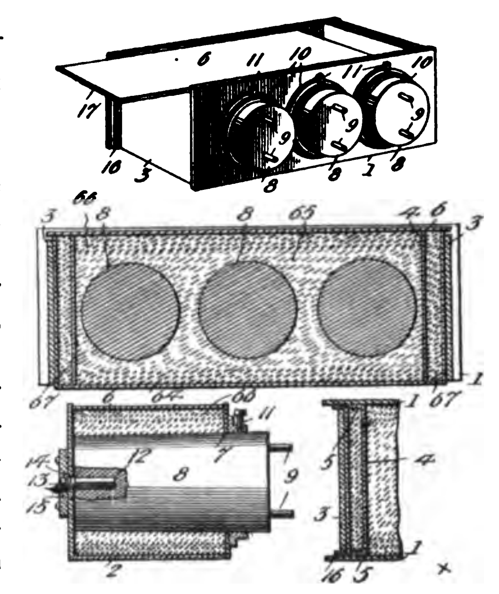


Bild 161. Hohlblockform.

Außer diesen eben beschriebenen Hohlblöcken haben auch noch anderwärts Blöcke aus Gußbeton Anwendung gefunden, wozu die im Bilde dargestellte Form benutzt wird. Dieselbe besteht aus einem Kasten mit Seitenwänden 1, Bodenteil 2, Stirnflächen 3, ausziehbaren Zwischenwänden 4 mit Flanschen 5 und ausziehbarem Deckel 6. Eine der Seitenwände 1 ist mit einer Anzahl von Oeffnungen 7 versehen, durch welche die Enden der schwach konischen Formkerne 8 nach außen heraustreten, wo sie mit Zapfen 9 zum Ansetzen der Zange für das spätere Herausziehen versehen sind. Jeder Formkern trägt einen Ringflansch 10 mit Stellschrauben 11, um die Kerne in der Form in der richtigen Stellung zu halten und um der gelochten Seitenwand 1 ein gutes Widerlager zu bieten. Das entgegengesetzte Ende des Kernes ist mit einem Zapfen versehen, dessen vierkantiges Ende 12 fest in den Kern 8 eingesetzt ist,

während das mit Schraubengewinde versehene, herausstehende Ende 13 durch ein Loch 14 in der hinteren Wandung der Form hindurchtritt und außen eine Platte oder Mutter 15 aufnimmt. Die Stirnseiten 3 werden durch Leisten 16 an den Seitenwänden 1 in Stellung gehalten, während die Flanschen 5 dazu dienen, die ausziehbaren Zwischenwände 4 in ihrer Stellung zu sichern. Der Deckel 6 kann zwischen den oberen Rändern der Längswände 1 wagerecht verschoben werden; außerdem kann er in der Form nach unten niedergepreßt werden. Die Formkerne 8 können auch aus zwei konischen Teilen bestehen.



Bild 162. Holzgerüst zum Einformen großer Betonbaublöcke.

Zu besonderen Zwecken fertigt man auch Baublöcke von besonders großen Abmessungen an. Meistens werden diese Blöcke, da sie durch ihr Gewicht wirken sollen, ohne Hohlräume hergestellt oder auch die Hohlräume später mit Steinen oder anderen schwer ins Gewicht fallenden Stoffen ausgefüllt. Vorzugsweise braucht man solche Blöcke in Amerika zu Gründungszwecken und zu Wasserbauten. Das Einformen solcher Blöcke bietet keinerlei Schwierigkeiten dar. Meistens werden sie in starken hölzernen Gerüsten, wie ein solches in Bild 162 dargestellt ist,

hergestellt. In welcher Größe solche Blöcke mitunter angefertigt werden, zeigen unsere beiden Bilder 163 und 164, welche den Bau eines Wellenbrechers zu Buffalo darstellen. Man sieht auf dem Bilde 163 die hohlen



Bild 163. Wellenbrecher in Buffalo.

Blöcke mit Steinen gefüllt, während man auf Bild 164 die vollen Blöcke, welche als Abdecksteine der Mole benutzt werden, liegen sieht. Diese



Bild 164. Wellenbrecher in Buffalo.

Abdeckblöcke wogen etwa 15—20 t, und man kann aus unserm Bilde 164 die riesenmäßigen Abmessungen schätzen, welche diese Blöcke besitzen. In Amerika benutzt man schon einige Jahre hindurch diese Blöcke mit

Vorliebe bei Wasserbauten, die stark durch die Fluten beansprucht werden; in Deutschland sind sie auf der Insel Sylt im Jahre 1902 verwendet worden, und es wäre sehr zu wünschen, daß die Wasserbautechniker der Herstellung dieser Blöcke größere Aufmerksamkeit widmeten, denn die Erfolge sind überall als gute zu bezeichnen.

Wie schon gezeigt wurde, benutzt man für massenhaft herzustellende Bauteile meistens Eisenformen, um der frühzeitigen Abnutzung vorzubeugen. Es hat sich, wie schon erwähnt, der Bau solcher Formen nach einer bestimmten Richtung hin entwickelt, sodaß man, genau genommen,

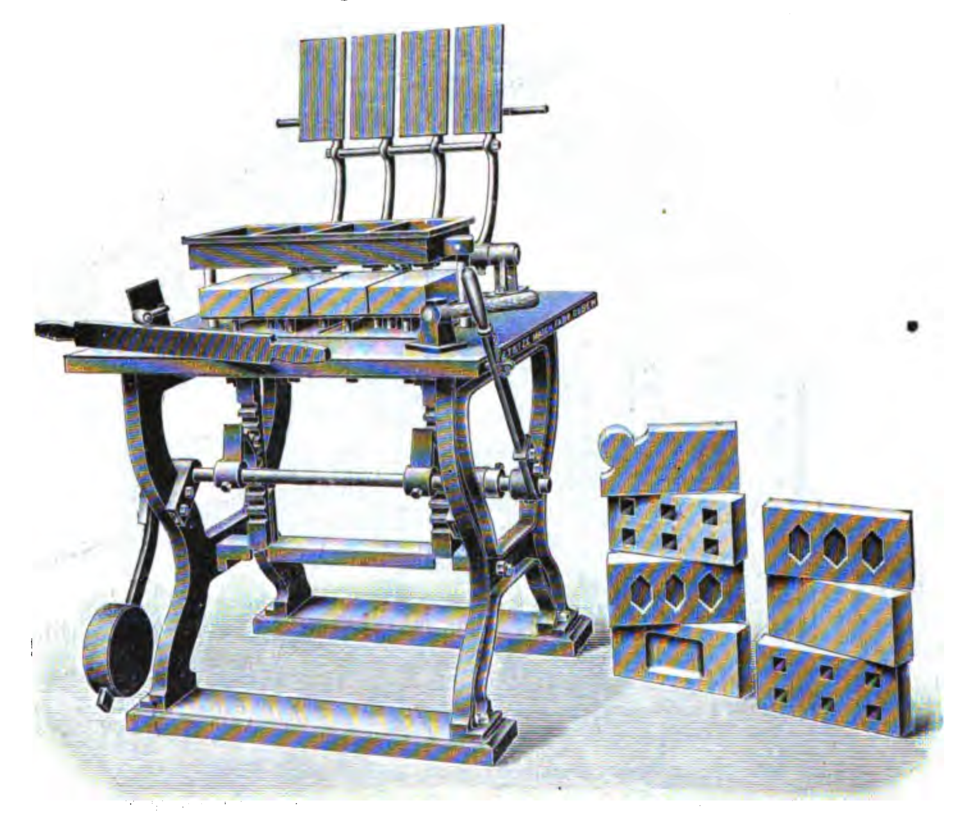


**Bild 165. Mauersteinmaschine von Tietze, Guben.**

bei einem großen Teil derselben besser von Formmaschinen sprechen könnte. Bei den bisher beschriebenen Arten von solchen Formmaschinen wurde das Einstampfen der Masse mit der Hand und besonderen Stampfern bewirkt, indessen gibt es auch Formmaschinen, bei denen das Werkzeug zum Einstampfen mit der Maschine fest verbunden ist. Hierzu gehört ein großer Teil der sogenannten Schlagtische, auf denen Zementmauersteine und Dachplatten, sowie Fußbodenplatten aller Art angefertigt werden. Bei den vielen Abarten solcher Schlagtische lassen sich keine bestimmten Grenzen in bezug auf Einteilung nach der Bauart ziehen, und

wir werden deshalb nur einige von denjenigen Maschinen anführen, welche eine weitere Verbreitung in bezug auf ihre Anwendung erfahren haben. Teils sind diese Maschinen von großer Vollkommenheit, teils sind sie verhältnismäßig einfacher Bauart; alle aber stimmen darin überein, daß sie nach Möglichkeit dem einzelnen Bauteile, der auf ihnen hergestellt werden soll, angepaßt worden sind. Es gibt darunter auch einige Maschinen, die man durch einfache Auswechselung der Formen zu verschiedenen Zwecken benutzen kann; im großen und ganzen wird man jedoch gut tun, wenn man darin nicht zu weit geht, und lieber besondere Maschinen

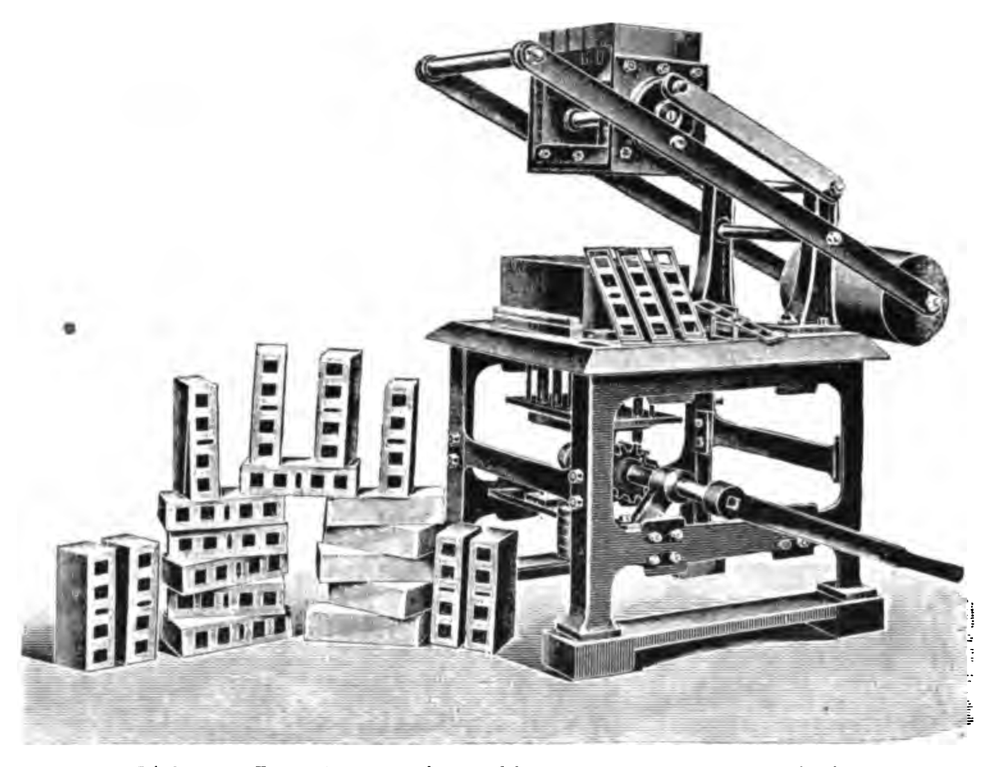


**Bild 166. Zementmauersteinmaschine „Arena" (zum Füllen fertig).**

zur Herstellung von Mauersteinen, Dachsteinen und Gehwegsplatten benutzt. Wir wollen zunächst einige Schlagtische für Mauersteine beschreiben.

Im Bilde 165 ist eine neuere Bauart der Zementmauersteinmaschine von Tietze-Guben dargestellt, die anderen Formen gegenüber den Vorteil hat, daß das Abheben der schweren Form, welches oft ein Beschädigen der Kanten des Formsteines zur Folge hat, vermieden und jeder Handgriff dem Arbeiter gewissermaßen vorgeschrieben wird. Man hängt also hierbei nicht so sehr von der Geschicklichkeit des Arbeiters ab. Der Schlagtisch besteht im wesentlichen aus dem Tischgestell, auf dessen Platte sich sowohl die mehrteilige Form, als auch die geformten Zementsteine hochbewegen lassen. Am Untergestell des Tisches befindet

sich eine Achse, welche durch einen Hebel zwei Zahnradteile in Umdrehung versetzt und durch zwei Zahnstangen das Ausheben der Form und der geformten Zementsteine bewirkt. Ein Gegengewicht an einem entgegengesetzt angebrachten Hebelarm der Achse bewirkt selbsttätig das Niedergehen der Ausstoßbolzen und der Form. Beim Anfertigen der Steine wird zunächst ein zur Aufnahme von vier oder mehr Steinen ausreichendes Unterlagsblech auf die auf unserm Bilde 165 sichtbaren, aus der Tischplatte hervorstehenden Ausstoßbolzen gelegt und dann die Form darüber gesenkt. Hierauf wird die Form mit Betonmörtel angefüllt und fest eingestampft. Danach werden auf die Formen die auf dem Bilde 165

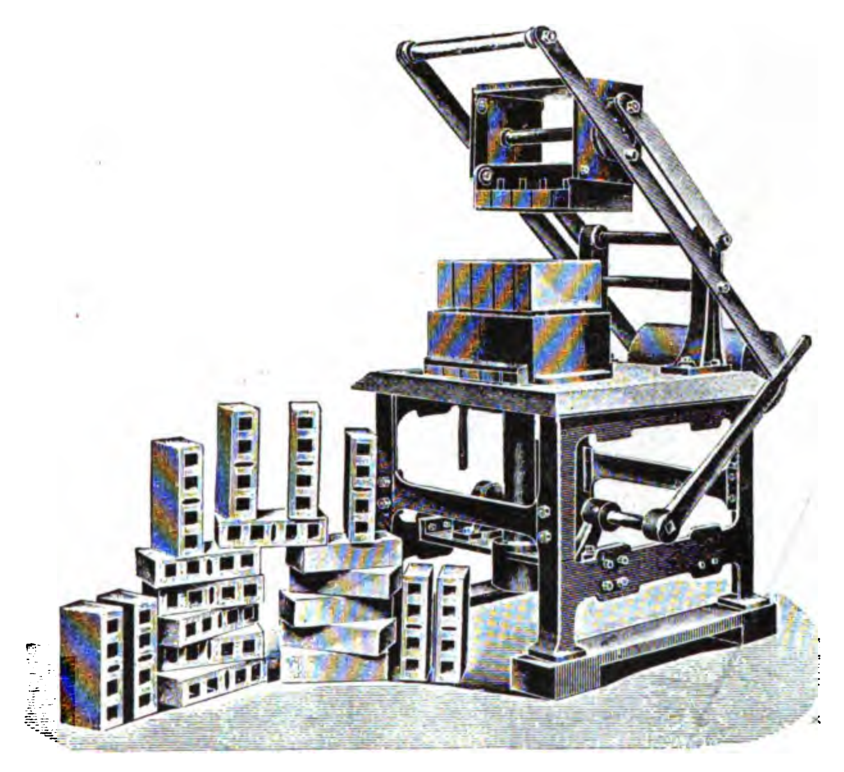


**Bild 167. Zementmauersteinmaschine „Arena" (Steine zum Abtragen fertig).**

oben sichtbaren Steinhalter niedergeklappt, welche vermeiden sollen, daß die Ecken und Kanten der Zementsteine beim Abziehen der Form abbrechen. Endlich werden durch Bewegung des Hebels die Form und das Blech mit dem Stein emporgehoben. Je nach der Art der Form kann man die verschiedensten Form- oder Lochsteine herstellen.

Eine andere Formmaschine, bei der die Stampfung nicht mittelst eines Stampfers, sondern durch einen an einem Hebelwerk befestigten Stempel geschieht, stellen die Bilder 166 und 167 als Zementmauersteinmaschine „Arena" dar, die von der Arena-Compagnie in Radebeul-Dresden hergestellt wird. Die Maschine besteht aus einem eisernen Preßtisch, auf

welchem die Steinformen befestigt sind. Die Unterlagsbleche werden in die Formkästen eingelegt und dann der Mörtel eingebracht. Das Einstampfen erfolgt mittelst einer Schlagvorrichtung, wobei der Stampfer um eine wagerechte Achse schwingt. Meistens stellt eine solche Presse fünf Steine auf einmal fertig. Das Einstampfen erfolgt in zwei Absätzen, wobei nach dem erstmaligen Einstampfen Mörtelmasse nachgefüllt wird. Die letzte Glättung erfahren die Steine dadurch, daß der Stampfer um 180 Grad gedreht wird, und die letzten Schläge mit der sorgfältig geglätteten Fläche des Stampfers erfolgen. Handelt es sich darum, an

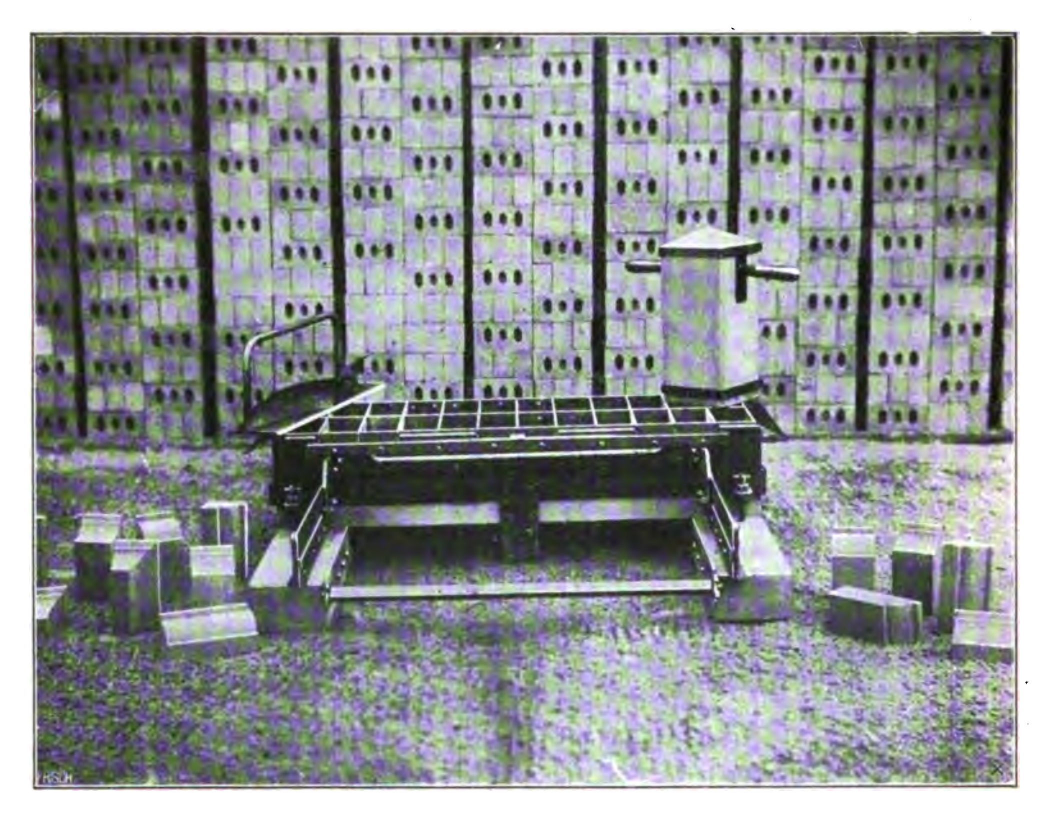


Bild 168. Zementmauersteinmaschine „Der kleine Handwerker“ von J. P. Jörgensen, Wedel.

einer Seite gefärbte Steine herzustellen, so wird vor dem letzten Einstampfen die Farbmasse aufgesiebt. Nach erfolgtem Einstampfen werden die Unterlagsbleche mit den darauf ruhenden Formlingen durch einen Hebeldruck aus der Form hochgehoben, wie Bild 167 zeigt, und dann mit einem besonders zu diesem Zwecke gebauten Tragbügel abgenommen. Auch auf dieser Maschine lassen sich Lochsteine leicht herstellen.

Zementmauersteinmaschinen, auf denen in einem Spiel eine größere Anzahl von Steinen hergestellt werden, sind die in den Bildern 168 und 169 dargestellten, welche von J. P. Jörgensen in Wedel i. Holst. in den

Handel gebracht werden. Die kleinere davon, die von dem Erbauer „Der kleine Handwerker" genannt wird, ist im Bilde 168 dargestellt und dient zum gleichzeitigen Anfertigen von 24 Steinen. Der Arbeitsgang ist hierbei folgender: Bevor die Formen durch Einschieben der Zwischenwände gebildet werden, legt man auf den Boden des Hauptrahmens ein hölzernes Traggerüst und schiebt dann erst die Zwischenwände in die Form ein, nachdem man die Unterlagsbleche, welche je vier Steine gemeinsam tragen, eingelegt hat. Dann füllt man die Form und stampft die Masse mit dem auf dem Bilde dargestellten, schweren Stampfer fest. Nach vollendetem Einstampfen werden die Steine mit einem Streicheisen abgezogen, dann die

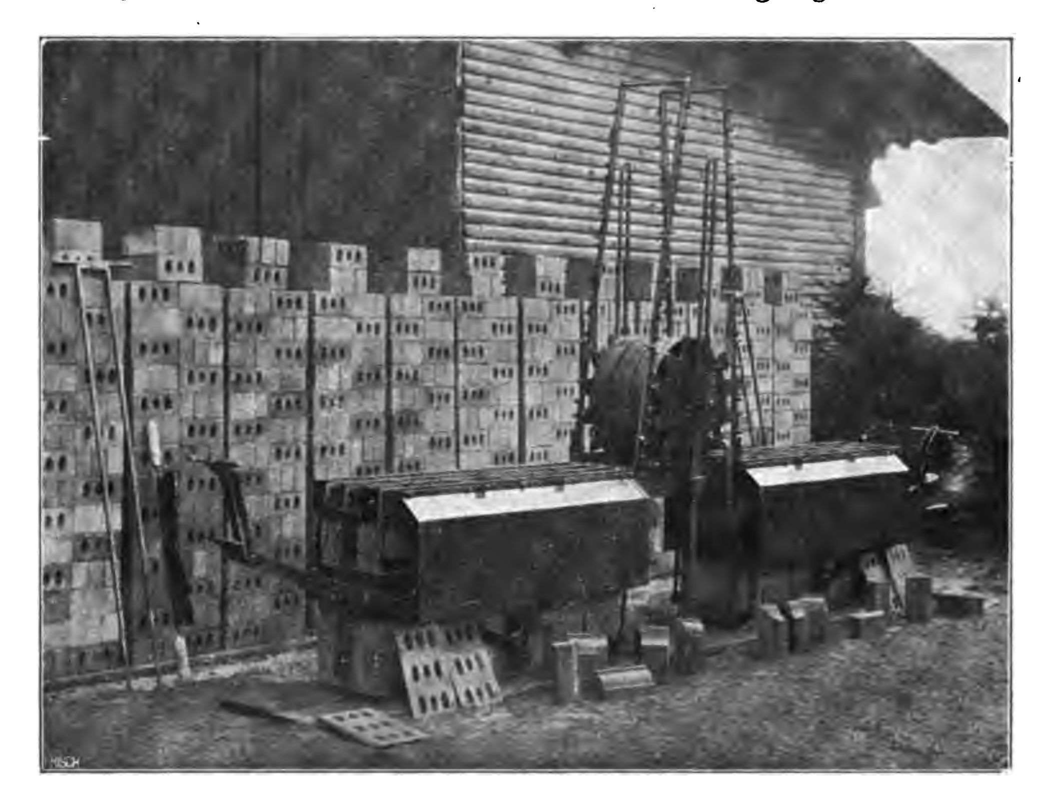


Bild 169. Zementmauersteinmaschine „Die Welt" von J. P. Jörgensen.

Zwischenwände aus dem Formrahmen entfernt und die nunmehr auf dem Traggerüst freiliegenden 24 Steine samt der Unterlage fortgenommen. Mit dieser Maschine sollen nach Angabe des Erfinders täglich zwei Arbeiter 3000—4000 Steine herstellen können.

Eine andere Maschine des gleichen Erfinders, „Die Welt" genannt, ist in dem Bilde 169 dargestellt. Sie besteht aus zwei gleichen Formtischen, welche mit ihren Stirnseiten aneinanderstoßen. Das Zusammenpressen der Mörtelmasse erfolgt durch eine darübergeführte schwere Walze, welche im Ruhezustande sich in der Mitte zwischen den beiden

Formtischhälften befindet. Zu diesem Zweck ist zwischen den beiden Stirnwänden ein leerer Raum gelassen worden. Die Maschine stellt 36 Steine in einem Spiel fertig, wobei je 18 auf eine Formtischhälfte entfallen. Die Zwischenwände sind herausnehmbar. Nachdem die Masse in die Form eingefüllt ist, wird die dreiteilige Preßwalze über die gefüllten Formen hinweggezogen. Die Walze erhält ihre Führung durch flanschenartig angebrachte Zahnräder, deren Zähne in zwei seitlich an dem Formtisch angebrachte Zahnstangen eingreifen. Wenn die Steine festgewalzt

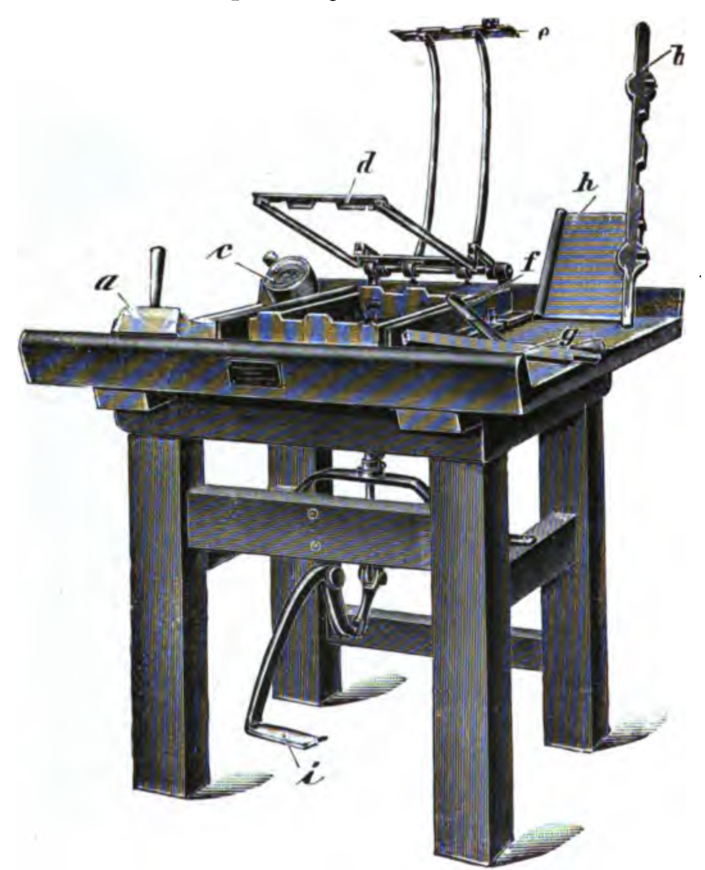



Bild 170. Dachsteinschlagtisch von Schüßler, Ströbitz.

sind, werden sie mit einem Abstreicher, der auf dem Bilde 169 links zu sehen ist, geglättet und dann die Preßlinge durch einen Handhebel leicht aus den Formen entfernt.

Für die Herstellung von Zementdachsteinen benutzt man ähnliche Schlagtische, als für die Herstellung von Zementmauersteinen. Meistens sind die Schlagtische für Zementdachsteine leichter gebaut. Die Formen erfordern jedoch, gemäß der verwickelteren Formgebung der Zementdachsteine eine größere Genauigkeit bei der Anfertigung. Zementdachsteine aller Art, vom einfachen Biberschwanz bis zum Doppelfalzdachstein,

werden heut in vielen Gegenden Deutschlands massenhaft zum Eindecken der Gebäude verwendet, und es läßt sich nicht leugnen, daß Zementdachsteine den Tondachziegeln gegenüber manche Vorzüge besitzen. Bedingung ist dabei allerdings, daß bei der Herstellung gewisse Punkte nicht außer Acht gelassen werden, auf welche später noch eingegangen werden wird.

Schlagtische und Formmaschinen zur Herstellung von Zementdachsteinen gibt es in so verschiedenen und zahlreichen Arten, daß es an dieser Stelle nicht möglich ist, sie einzeln zu beschreiben und es können hier nur einige davon genauer besprochen werden.

Der im Bild 170 dargestellte Zementdachsteinschlagtisch wird von Otto Schüßler-Ströbitz hergestellt und arbeitet in folgender Weise: Nachdem die eiserne, entsprechend geformte Unterlagsplatte in die Form eingelegt ist, wird mit dem Mörtelblech h der Mörtel in die Form geschüttet und dieser dann fest mit dem Klopfholz a zusammengeschlagen. Danach formt man die obere Seite des Dachsteins, indem man die gestampfte Mörtelmasse mit dem Schlageisen b zusammenschlägt, wobei das Schlageisen von hinten nach vorn auf den Führungsschienen fortgeführt wird.

Nachdem der Stein die gewünschte Form erhalten hat, siebt man einen Mörtel mit Farbzusatz zweimal auf, und glättet mit dem Schlageisen die obere Schicht noch einmal, um dadurch die Farbschicht mit dem Mörtel innig zu verbinden. Zur Bildung des Kopffalzes wird dann der Gratabschneider d und der Kopffalzhebel e heruntergeklappt und Mörtel in den Schlitz geschüttet, welcher durch das Herunterklappen des Gratabschneiders und des Kopffalzhebels entstanden ist. Mit dem Stampfeisen t wird der eingeschüttete Mörtel festgestampft. Jetzt glättet man den Kopffalz, indem man mit den Kopffalzleisten g einige Male auf dem Kopffalz entlang fährt. Dann wird der Kopffalzhebel e hochgeschlagen. Hierbei ist zu beachten, daß das Kopffalzeisen g noch nicht zu entfernen ist, da durch Hochheben des Kopffalzhebels e der Kopffalz sonst beschädigt werden würde. Weiter ist noch darauf zu sehen, daß beim Hochheben des Kopffalzhebels das Kopffalzeisen an der am Kopffalzblech bezeichneten Stelle einzustellen ist. Nun kann das Kopffalzeisen g nach links weggeschoben werden. Der fertige Stein wird jetzt durch einen Fußtritt auf den Ausstoßer i ausgehoben, indem man mit beiden Händen die Enden des Gratabschneiders festhält, damit derselbe beim Ausheben des Steines sich nicht mit aufhebt. Der fertige Stein wird auf die Rüstung gelegt und nach 2—3 Tagen von der Platte gelöst. Zu jedem Schlagtisch ist ein große Anzahl Unterlagsplatten notwendig, etwa die vierfache Zahl der täglichen Leistung. Diese Platten müssen stets sauber gehalten und vor dem Gebrauch mit Formöl bestrichen werden.

Bild 171 zeigt einen Formtisch nach der Bauart Tietze-Guben, an welchem gleichzeitig drei Arbeiter beschäftigt werden. Der Tisch besteht aus einem eisernen, festen Untergestell, um dessen senkrechte Achse eine

runde, eiserne Tischplatte drehbar gelagert ist, die in gleichen Entfernungen von einander drei Dachsteinformen trägt. Die Arbeitsplatte steht mit einer Sperrklinke in Verbindung, welche bewirkt, daß der am festen Drehzapfen angebrachte Gratabschneider und der Kopffalzrahmen sich genau auf die entsprechende Form beim Niederklappen auflegen. Ebenso paßt die am Untergestell befestigte Ausstoßvorrichtung dann genau unter die benachbarte Form. Die Arbeitsweise an diesem Dachsteinschlagtisch ist insofern sehr günstig, als hierbei jeder der drei

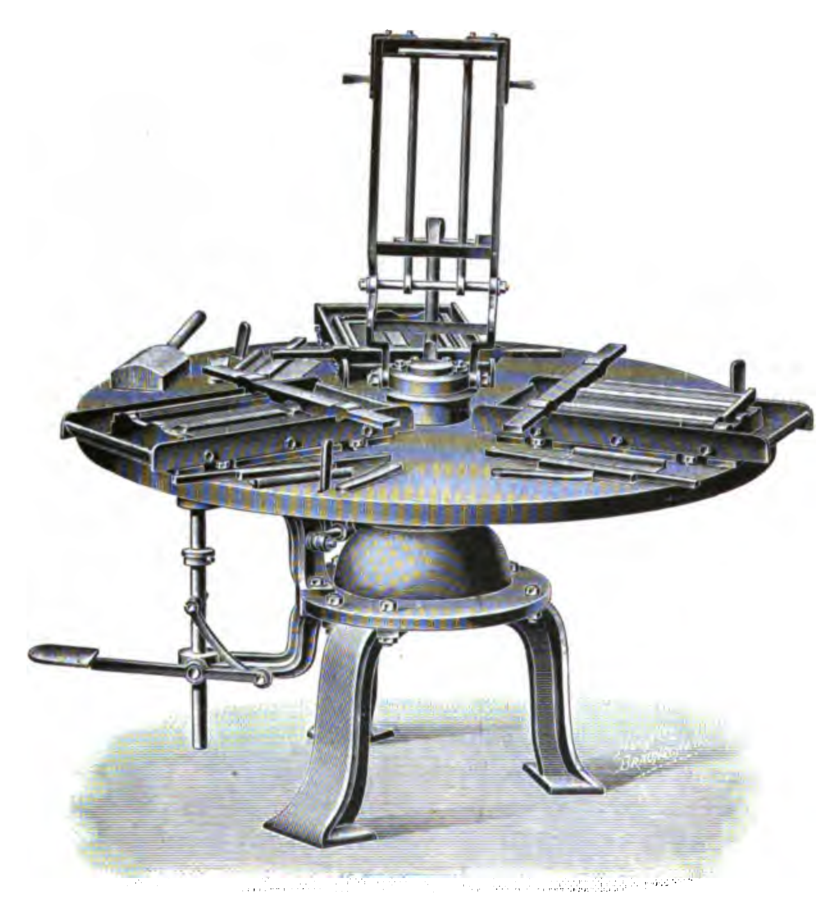


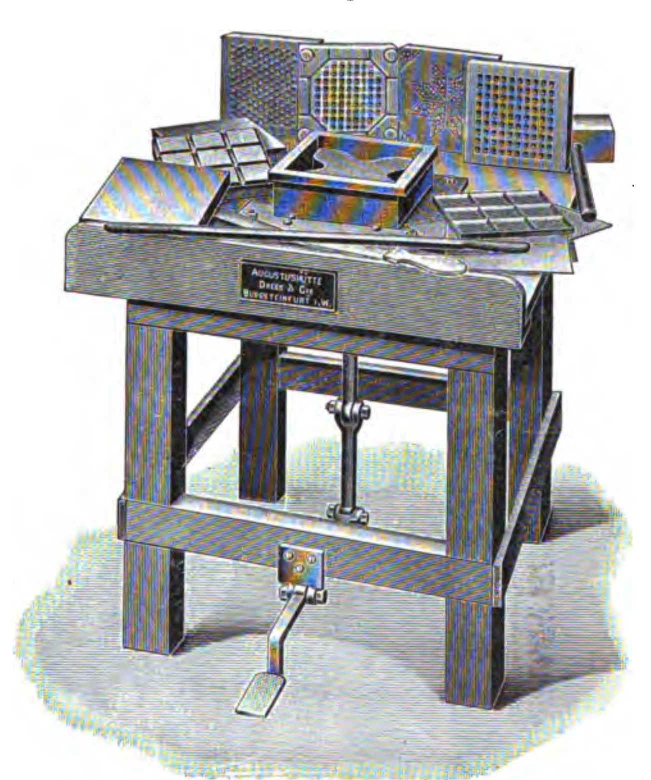
Bild 171. Schlagtisch von Tietze-Guben.

Arbeiter nur eine bestimmte Arbeit zu verrichten hat, worin er bald Uebung und Geschicklichkeit erlangen wird. Der Arbeitsvorgang ist im übrigen ähnlich dem vorher beschriebenen, so daß man sich ersparen kann, hier weiter darauf einzugehen. Das Bild 171 macht eine nähere Erläuterung überflüssig.

Man hat mehrfach versucht, die Herstellung von Zementdachsteinen auf Pressen, ohne Zuhilfenahme menschlicher Arbeitskräfte, auf rein mechanischem Wege zu bewirken. Diese Versuche sind bisher ohne

nennenswerten Erfolg gewesen, und es ist noch nicht gelungen, die Mitwirkung der menschlichen Hand bei der Herstellung von Zementdachsteinen entbehren zu können.

Einen der wichtigsten Zweige der Zementwarenindustrie bildet die Herstellung von Pflaster-, Flur- und Gehwegsplatten aller Art. Während früher für solche Zwecke ausschließlich aus Ton gebrannte Ware in Betracht kam, sind heute Zementplatten weit verbreitet, und es gibt wohl kaum noch Orte in Deutschland, wo sie heute gänzlich unbekannt sind. Wenn auch der bei weitem größte Teil der Platten auf besonderen Pressen mittelst starken Druckes hergestellt wird, so sind doch auch noch Schlagtische hierfür im Gebrauch. Diese Schlagtische unterscheiden sich im allgemeinen wenig von den Schlagtischen für Zementmauersteine, indessen soll doch der Vollständigkeit halber ein solcher nachstehend näher beschrieben werden.


Bild 172. Schlagtisch für Platten von Drees.

Unser Bild 172 stellt einen aus einem hölzernen Tischgestell bestehenden Plattenschlagtisch dar, auf dessen Platte sich ein eiserner Formkasten befindet. Der Boden des Formkastens ist beweglich und läßt sich durch eine Hebelübersetzung nach oben stoßen, wodurch ein leichtes Abnehmen der gestampften Zementplatte ermöglicht wird. In die Form werden zunächst eiserne Unterlagsbleche gelegt, die, wie das Bild 172 zeigt, mit Musterprägungen versehen sein können. Das Einstampfen und Glattstreichen geschieht mit den Werkzeugen, die auf dem Schlagtisch liegend abgebildet sind.

Einen Uebergang von den Schlagtischen zu den mit Kraft betriebenen Plattenpressen bilden die Pressen, bei denen die Betonmasse nicht mittelst Hammers in die Form eingestampft, sondern das Zusammenpressen durch einen Stempel bewirkt wird, der von Hand durch Abwärtsbewegung

eines großen Hebelarmes betätigt wird und einen starken Druck auf den Inhalt der Form ausübt. Im Bilde 173 ist eine derartige Kniehebelpresse für Handbetrieb dargestellt, bei welcher gleichzeitig eine vorteilhaft arbeitende Einfüllvorrichtung angebracht ist. Die Pressung geschieht durch Betätigung einer Kniehebelanordnung. Nach erfolgter Pressung




Bild 173. Kunststeinpresse „Triplex“.

wird die Zementplatte, auf dem Preßboden der Form lagernd, von unten nach oben hervorgestoßen.

In größeren Betrieben wendet man zum Pressen der Platten oft mit Wasserdruck arbeitende Maschinen an. Eine solche Anlage, die zur Erzeugung von Granitoid-Bürgersteig-Platten dient, ist mit allem Zubehör im Bild 174 dargestellt. Die Presse besteht im wesentlichen aus einem in wage-

rechter Richtung um seinen Mittelpunkt drehbaren Tisch, in welchem sich vier Formen befinden, deren jede von je einem Arbeiter bedient wird. Die erste Form wird mit der ziemlich feuchten Betonmasse zum Teil gefüllt und gelangt durch Drehung des Tisches zum zweiten Arbeiter. Hier ist eine Rüttelvorrichtung unterhalb der Form angebracht, wodurch die Mörtelteilchen dicht aneinandergeschoben werden und so das Gefüge wesentlich verdichtet wird. Das enge Aneinanderlagern der einzelnen Betonteile wird durch den zweiten Arbeiter dadurch unterstützt, daß dieser mit einem Holzhammer, dessen Bahn mit einer gerauhten Eisenfläche versehen ist, während des Rüttelns den Mörtel fortgesetzt in der Form festklopft. Durch eine weitere Drehung des Tisches geht die Form an den dritten

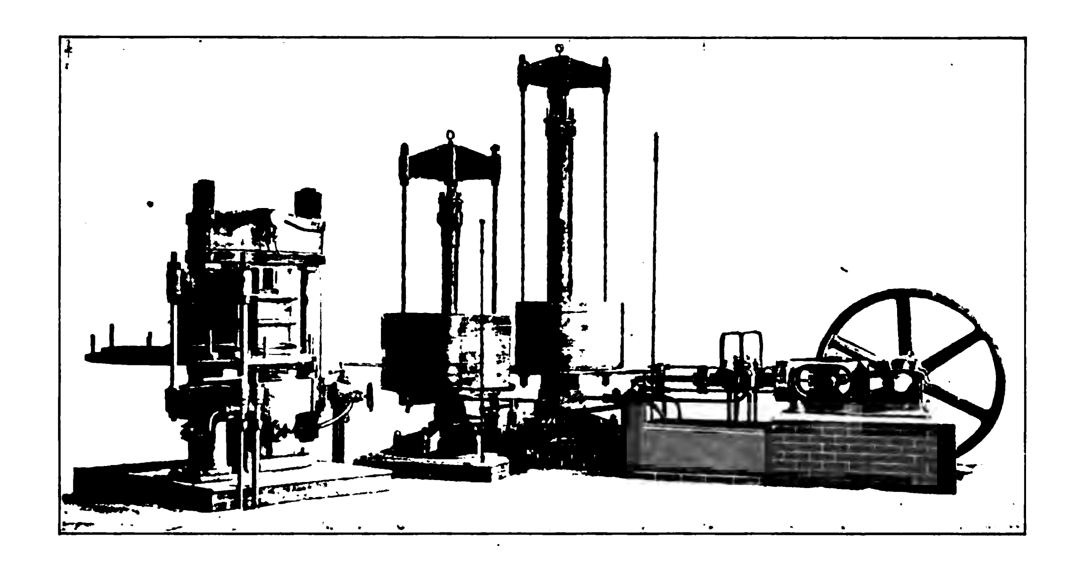


Bild 174. Hydraulische Plattenpresse von E. Laeis, Trier.

Arbeiter, der die vollständige Füllung mit dem gewöhnlichen gröberen Füllungsmörtel besorgt und die nunmehr bis zum Rande gefüllte Form unter den Preßstempel schiebt. Nachdem der mit hohem Wasserdruck betriebene Preßstempel den Inhalt genügend zusammengepreßt hat, zieht der vierte Arbeiter die Form unter dem Preßstempel hervor, nimmt die fertige Fliese heraus und reinigt und ölt die Form zum erneuten Gebrauch. Die Presse ist links auf unserem Bild sichtbar, in der Mitte sehen wir die Vorrichtungen zur Aufspeicherung des Druckwassers und zur Regelung des Druckes, während rechts eine Wasserdruckpumpe zu sehen ist. Die auf dieser Maschine hergestellten Granitoidfliesen erfreuen sich als bevorzugter Belag für Bürgersteige besonderer Beliebtheit. Auch werden die Granitoidfliesen nach der Erhärtung auf Schleifmaschinen geschliffen, wo-

durch die Platten das Aussehen von Terrazzo erhalten. Das Bild 175 stellt das Innere einer Fliesenfabrik dar.

Außer den Platten zur Bekleidung von Wänden und Fußböden hat auch noch die Herstellung von Zementdielen eine ausgibige Anwendung erfahren. Infolge ihrer einfachen äußeren Form werden solche Dielen meistens in zweckentsprechend eingerichteten, mit Zinkblech ausgeschlagenen Kästen hergestellt, jedoch finden auch eiserne Formen einfacher Bauart hierbei Anwendung. Häufig sind Zementdielen mit durchgehenden Hohlräumen versehen, teils um ein leichteres Gewicht zu erzielen, teils aber auch, um eine isolierende Luftschicht zu schaffen. Bei geforderter



Bild 175. Einblick in eine Fliesenfabrik.

größerer Tragfähigkeit werden an den Stellen, wo die Zugkräfte auftreten, Eiseneinlagen eingebracht.

Man verwendet solche Dielen in den verschiedensten Abmessungen zu allerlei Zwecken, sei es zur Herstellung leichter Decken, zur Bekleidung von Wänden oder als Fußbodenbelag. Wenn es auf möglichst leichtes Eigengewicht ankommt, benutzt man als Füllstoff mit Vorliebe vulkanischen Bimssand oder Bimskies. Die Formen zur Herstellung sind so einfacher Art, daß es überflüssig erscheint, hier näher auf deren Beschreibung einzugehen.

Zu einem besonders ausgedehnten Industriezweige hat sich auch die

Herstellung von Treppenstufen aller Art aus Beton emporgeschwungen. Solche Treppenstufen werden heute von vielen Betongeschäften in den gangbarsten Abmessungen als Handelsware auf dem Lager gehalten. Man findet hier alle Formen vertreten. Neben der gewöhnlichen Stufe finden wir solche in äußerst geschickter Nachahmung der natürlichen Steine, welche, sorgfältig poliert, auch den weitgehendsten Ansprüchen in bezug auf äußeres Aussehen genügen. Ein großer Vorzug der Betonstufen ist ihre Feuersicherheit, die sie vor den Stufen aus manchem natürlichen Stein voraus haben.

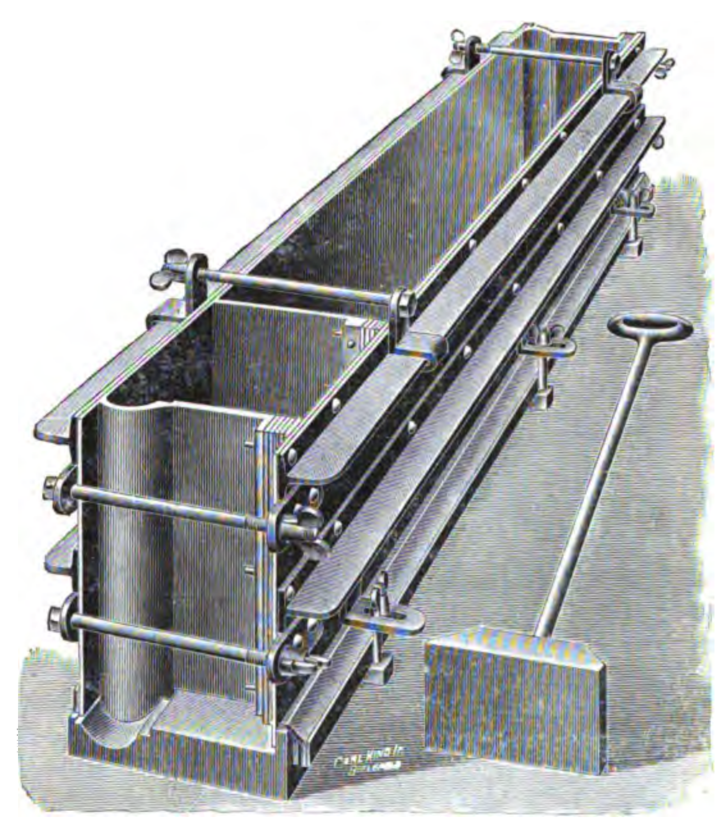


Bild 176. Verstellbare Form für Treppenstufen.

Für äußere, im Freien befindliche Treppenanlagen wendet man meistens Stufen mit rechteckigem Querschnitt an, während im Innern der Gebäude an deren Stelle häufig Stufen von dreieckigem Querschnitt treten, weil hierbei eine bessere untere Ansicht des Treppenlaufes erreicht wird. In der Regel werden die einfachen Stufen in kastenartigen Holzformen mit Zinkblechauskleidung hergestellt, bei Massenherstellung bedient man sich jedoch vielfach eiserner Formen, welche verstellbar eingerichtet sind, um Stufen jeder gewünschten Länge, Auftrittbreite und Höhe herstellen zu können. Unser Bild 176 gibt eine solche Form wieder;

bei der die Anordnung der einzelnen Teile deutlich zu erkennen ist. Die Wände der Form werden durch schraubzwingenartige Vorrichtungen zusammengehalten, und eine besondere Beschreibung dürfte sich dazu erübrigen. Wir wollen nur noch erwähnen, daß die auf unserem Bild sichtbare im Hohlraum der Form befindliche Scheidewand herausnehmbar ist, und nur dann eingesetzt wird, wenn es sich um die Herstellung winkelförmig geformter Stufen handelt, wie dies z. B. bei Freitreppen öfter der Fall ist, bei denen die Stufen verschiedene Länge besitzen. Die Höhe der Stufe läßt sich leicht durch untergelegte Blechstücke, wie auf unserem Bild ersichtlich ist, festlegen.

Für Stufen für Innentreppen hat Franz Heuer in Kottbus sich eine besondere Form gesetzlich schützen lassen, mittelst welcher Treppenstufen mit abgeschrägter Unterkante, also von annähernd dreieckigem Querschnitt hergestellt werden. Unser Bild 177 gibt die Form dieser Stufen und einen Querschnitt der Stampfform wieder. Während bei den meisten Treppenstufenformen das Einstampfen der Betonmasse von der Rückseite der Stufe aus erfolgt, somit nicht festgestellt werden kann, ob die beim Einstampfen nicht sichtbare Auftrittsfläche tadellos glatt ist, wird bei der im Bild 177 dargestellten Form von der Trittfläche aus die Betonmasse eingestampft.

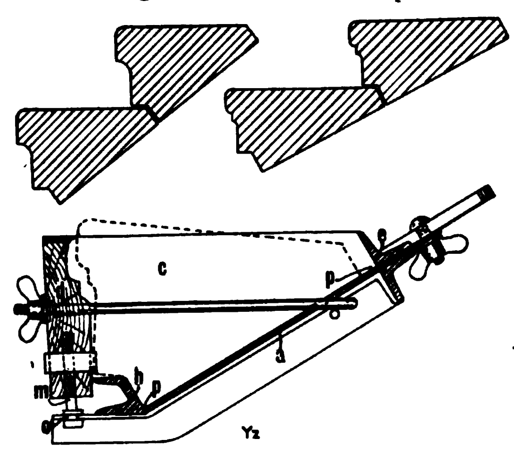



Bild 177. Form für Treppenstufen nach Patent Heuer.

Die Form besteht aus der in einem Winkel gebogenen Grundplatte a, welche mit auswechselbaren und verstellbaren Seitenwänden c ausgerüstet ist. Letztere werden an der einen Seite durch das entsprechend geformte Brettstück d, an der andern durch den beweglichen Winkel e in ihrer Lage gehalten. Die durchgehende Leiste h bewirkt eine Aussparung, welche die Widerlagsfläche p bildet. Schiebt man den Winkel e gegen die Leiste h, so wird die Stufe weniger breit, behält aber unter Vergrößerung der Steigung dieselbe Höhe. Will man niedrigere Stufen herstellen, so wird das Formstück d mittelst des Schraubenbolzens m, dessen Ende in den Schlitz o der Platte a verschiebbar gelagert ist, tiefer geschraubt. Das Formstück d kann durch eine geringe Drehung der erforderlichen Winkelstellung zur Auftrittsfläche jedesmal leicht angepaßt werden. Wenn Treppenstufen solcher Form beiderseitig in Mauerwerk eingelassen werden sollen, ergibt sich der Uebelstand, daß die dreieckige Form im Mauerwerk schlechte Auflage findet. In diesem Fall werden die Stufen an den Enden mit rechteckiger Querschnittsform

an den Auflagern versehen, zu welchem Zweck eine Abart der beschriebenen Stampfform Verwendung findet.

Die oben angeführten Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, auf welche Art solche Holz- und Eisenformen für Einzelbauteile hergestellt werden, und welche Anwendung sie in der Praxis finden. Es ist natürlich, wie schon erwähnt, unmöglich, alle vorkommenden Einzelformen genau zu beschreiben, da dies weit über den Rahmen des vorliegenden Werkes hinausgehen würde. Bei der weiteren Besprechung der Herstel-



Bild 178. Herstellung des Gipsmodelles für ein Einfahrttor.

lung von Einzelbauteilen soll noch einmal auf besonders bemerkenswerte Einzelformen zurückgegriffen werden.

Wir wollen zum Schluß dieses Abschnittes noch die Gipsformen nennen, welche besonders zur Herstellung von Bildsäulen, Schmuckteilen aller Art und bei solchen Einzelbauteilen Verwendung finden, deren äußere künstlerische Gestaltung über das übliche Maß hinausgeht. Es würde selbstverständlich große Geldopfer erfordern, wenn man beispielsweise ein Säulenkapitäl, welches künstlerisch ausgeführten Blätterschmuck

zeigt, in einer Holz- oder Eisenform herstellen wollte, weil es dabei unumgänglich nötig ist, in den Formwänden die entsprechenden künstlerischen Verzierungen vertieft einzugraben. Bei solchen Gegenständen hilft man sich mit Gipsformen. Zur Herstellung einer Gipsform ist es aber nötig, vorher ein Modell anzufertigen, von welchem die Gipsform abgenommen wird. Diese Arbeit schlägt in das Fach des Modellierers und Bildhauers. Es wird naturgemäß solche künstlerische Leistung auch entsprechende Bezahlung fordern, schon aus dem Grunde, weil das Modell

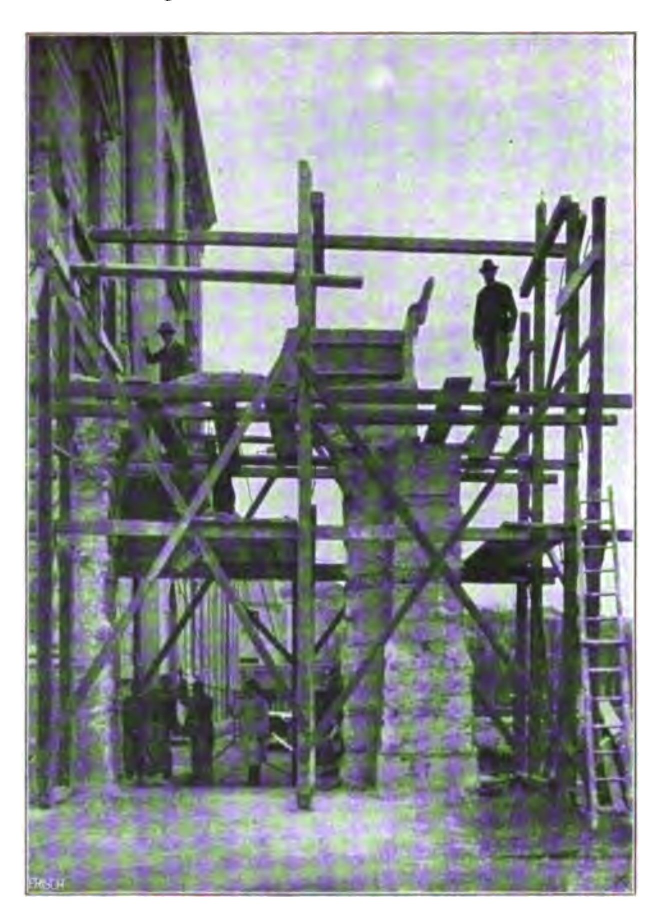


**Bild 179. Aufstellen der Gipsform auf der Baustelle.**

unter allen Umständen in natürlicher Größe hergestellt werden muß. Es ist hier nicht der Ort, näher auf die Kunst des Modellierens und des Anfertigens der Gipsabgüsse einzugehen. Ein jedes Handbuch gibt über diese Kunstfertigkeit genügende Auskunft. Daß solche Gipsformen in erster Linie zur Herstellung von Gußbeton benutzt werden, ist schon an anderer Stelle erwähnt, wie es ja auch in der Natur des Stoffes liegt, daß Gipsformen weniger widerstandsfähig als Holz- und Eisenformen sind.

Man hat Formen aus Gips für Betonzwecke schon vielfach in sehr großen Abmessungen hergestellt. Ein Beispiel dafür mag die Springbrunnengruppe auf der Düsseldorfer Ausstellung im Jahre 1902 darbieten, welche wir im Bild 93 auf Seite 153 zur Anschauung gebracht haben. Als weiteres Beispiel können unsere Bilder 178—181 dienen. Es handelt sich hier um einige hübsche Toreinfahrten, welche aus Eisenbeton an dem Gebäude der Versicherungsanstalt in Augsburg durch den Bildhauer Eugen Bartl hergestellt wurden. Das größere Einfahrtstor (Bild 180) hat eine Höhe von etwa 8,5 m. Der Arbeitsvorgang dabei war folgen-



Bild 180. Eine in Gipsform hergestellte Toreinfahrt.

dermaßen: Es wurde zunächst ein Gipsmodell in natürlicher Größe aus Gipsplatten zusammengestellt, wie dies Bild 178 zeigt, bei welchem der obere Teil des Modells der Toreinfahrt durch die Hand des Künstlers bereits entsprechende Ausgestaltung erfahren hatte. Ueber dieses Gipsmodell, welches in allen Einzelteilen genau dem zukünftigen Bauwerk entsprach, wurde die Gipsmantelform gegossen und zwar wurde diese Form zerlegbar aus etwa 2,5 m hohen Stücken von unten herauf angefertigt. Die einzelnen Formteile waren an ihren Rändern genau zusammengepaßt, sodaß die richtige Aufstellung der Form später keine besondere Schwierigkeiten machte. In den Mantel wurden zur Erzielung größerer Stand-

festigkeit Draht- und Eisenstangen an bestimmten Stellen eingelegt. Die Wandstärke des Mantels betrug etwa 8 cm. Nach Fertigstellung der Mantelform wurde diese von dem Modell abgenommen und an der Baustelle auf dem Grundmauerwerk aufgestellt, wobei die einzelnen Teile miteinander fest verbunden wurden. Unser Bild 179 zeigt das Aufstellen einer solchen Form. Dann wurden in dem Hohlraum von oben die nötigen Eiseneinlagen eingebracht und das ganze mit ziemlich flüssiger Betonmasse ausgestampft, wozu sechs Arbeiter 4 Tage gebrauchten. Es wurden für das größere Tor etwa 15 cbm Betonmasse verbraucht. Nach



Bild 181. Toreinfahrt, in Gipsform gestampft.

5 Tagen konnte die Mantelform entfernt werden, und es bedurfte nur noch einer geringen Nacharbeitung des fertigen Bauwerkes, um die entstandenen Nähte zu entfernen.

Das Einformen mit solchen großen Gipsformen ist nur in allen den Fällen zu empfehlen, wo mehrere große Bauteile der gleichen Form herzustellen sind. Für einen Einzelbauteil wird, im allgemeinen gesprochen, das Verfahren mit großen Gipsformen sich nur in seltenen Fällen bezahlt machen. Es ist wohl nur dort angebracht, wo besonders schwierige und verwickelte Außenformen des Bauteiles in Frage kommen.

# Der Eisenbeton.

**Anm.: Der nachstehende Abschnitt über den Eisenbeton ist von Herrn Bauingenieur Erich Turley in Düsseldorf verfaßt.**

Die vornehmste und wichtigste Rolle spielt der Beton in seiner Verbindung mit Eisen in Gestalt von Eisenbeton.

Unter Eisenbeton versteht man Portlandzementbeton, welcher in geeigneter, dem jedesmaligen Zweck des betreffenden Bauteiles entsprechender Weise von Eisenstangen durchsetzt ist. Durch sachgemäße Verteilung und Verbindung der beiden Bestandteile Beton und Eisen erhält man einen Baustoff, dessen Eigenschaften in mehrfacher Hinsicht von denjenigen der einzelnen Bestandteile in überraschender Weise abweichen und der infolgedessen als ein vollkommen neuer Baustoff zu bezeichnen ist.

Was die Einzelbestandteile getrennt nicht im Entferntesten zu leisten imstande sind, das leisten sie in richtiger Verbindung zu Eisenbeton. Der Grundgedanke, auf welchen sich der Eisenbetonbau stützt, ist der, die Druckfestigkeit der Betons und die Zugfestigkeit des Eisens zu gemeinsamer Arbeit heranzuziehen, sodaß sie sich gegenseitig zu Hilfe kommen und ergänzen. Da der Beton wohl große Druckspannungen, aber nur geringe Zugspannungen aufnehmen kann, so werden die Eisen an denjenigen Stellen in den Beton eingebettet, wo Zugspannungen auftreten, wo also der Beton reißen würde, wenn ihm nicht das Eisen zu Hilfe käme und die Zugspannung übernähme. Diese Verteilung der Arbeitsleistungen wird durch die glückliche Eigenschaft der beiden Bestandteile Beton und Eisen ermöglicht, fest aneinander zu haften und sich nach erfolgter Erhärtung des Betons nicht gegeneinander zu verschieben. Durch das feste Haften der beiden Baustoffe aneinander werden sie trotz ihrer sehr verschiedenen Elastizitätsmaße gezwungen, bei der Aufnahme der inneren Spannungen gleichmäßig vorzugehen, wodurch die gemeinsame und einheitliche statische Wirkung der beiden Baustoffe und die bedeutende Tragfähigkeit des Eisenbetons erzielt wird. Die hohe Tragfähigkeit ist wohl die wichtigste Eigenschaft des Eisenbetons. Aber noch eine Anzahl anderer Eigenschaften sind es, die den Eisenbeton als Baustoff so überaus wertvoll machen. Seine Feuersicherheit wird von keinen anderen Baustoff übertroffen. Der Beton schützt als schlechter Wärmeleiter das Eisen erfolgreich gegen Gluthitze. Infolge der fast gleichen Wärmeausdehnungsmaße von Beton und Eisen ist die Lösung des Zusammenhanges zwischen Beton

und Eisen und ein Abspringen des Betons nicht zu befürchten. Der Beton, inbesondere der Zement, schützt erfahrungsgemäß das Eisen gegen rosten, wie kein anderes Rostschutzmittel. Die Möglichkeit, den Eisenbetonbauwerken alle beliebigen Formen geben zu können, ist eine von Architekten und Ingenieuren geschätzte Eigenschaft. In gesundheitlicher Hinsicht bietet der Eisenbeton gegenüber den älteren Bausausführungen, besonders den Balkendecken, bedeutende Vorteile; die Unterhaltungskosten von Eisenbetonbauten sind außerordentlich gering u. s. w. Diese schätzenswerten Eigenschaften sichern dem Eisenbetonbau eine ausgedehnte, fast unbegrenzte Verwendung. — Im Hochbau, Tiefbau und Brückenbau wird der Eisenbeton schon heute in ausgedehntestem Maße und zu den verschiedenartigsten Zwecken verwendet, selbst im Bergbau beginnt er, sich Eingang zu verschaffen und dank der großen Anpassungsfähigkeit des Eisenbetons an alle Verhältnisse erschließen sich ihm täglich noch neue Gebiete für seine Anwendung. Die Anwendungsfähigkeit des Eisenbetons wird später in einem besonderen Abschnitte noch eingehend behandelt werden. Hier soll nur auf die statische Berechnungsweise des Eisenbetons und zwar in gedrängter Kürze näher eingegangen werden. Dafür ist aber Wert darauf gelegt, möglichst alles, was zur Berechnung von Eisenbetonbauten aller Art notwendig bezw. bequem ist, zusammenzustellen. Bei der statischen Berechnung von Eisenbeton muß in erster Linie den verschiedenen elastischen Eigenschaften der beiden in Betracht kommenden Bestandteile Rechnung getragen werden, da von diesen die Lage der Nullinie abhängig ist, um welche sich die inneren Spannungen nach den Gesetzen der Statik gruppieren. Es sind gegen zehn verschiedene Rechnungsmethoden aufgestellt worden, welche alle diesem Grundsatze durch ein Annäherungsverfahren mehr oder weniger Rechnung tragen. Von diesen Berechnungsweisen kommt heute in der Hauptsache nur noch diejenige zur Anwendung, welche die Zugfestigkeit des Betons unberücksichtigt läßt und die Druckelastizität des Betons unveränderlich annimmt. Diese Berechnungsweise ist auch durch Ministerialerlaß vom 16. April 1904 für das Königreich Preußen vorgeschrieben worden. Ausführliche Lehrbücher über diesen Stoff gibt es zurzeit schon eine ganze Anzahl. Die Ableitung der Biegungsformeln nach diesen Grundsätzen ist zuerst von dem Verfasser dieses in einer bei Arthur Felix in Leipzig erschienenen Broschüre im Jahre 1901 veröffentlicht worden, woselbst sich auch ausführliche Ableitungen über die Beanspruchung exzentrisch belasteter Stützen befinden. Für die im folgenden zusammengestellten Formeln sind daher die Entwickelungen fortgelassen, und nur die Gleichgewichtsbedingungen, aus denen sie hervorgehen, angegeben worden.

# Formeln

## zur Ermittelung der Spannungen in Eisenbetonkonstruktionen.

In den nachstehenden Formeln sind die Bezeichnungen der einzelnen Querschnittsabmessungen in der Hauptsache so gewählt, wie sie in den Bestimmungen des Königlichen Preußischen Staatsministeriums für öffentliche Arbeiten vom 16. April 1904 über die Ausführung von Eisenbetonbauten angenommen sind. Zur Erzielung einfacherer Ausdrücke und besserer Uebersicht einzelner Formeln wird jedoch, abweichend von den erwähnten Bestimmungen bei Platten und Unterzügen unter h die statische Höhe, d. i die Entfernung des äußersten gedrückten Randes von der Mitte der auf Zug beanspruchten Eiseneinlagen verstanden.

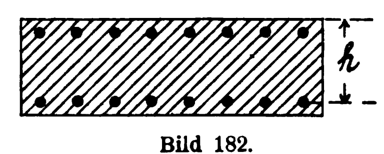


Bild 182.

### I. Platten.

### A. Platten mit einseitiger Eiseneinlage.

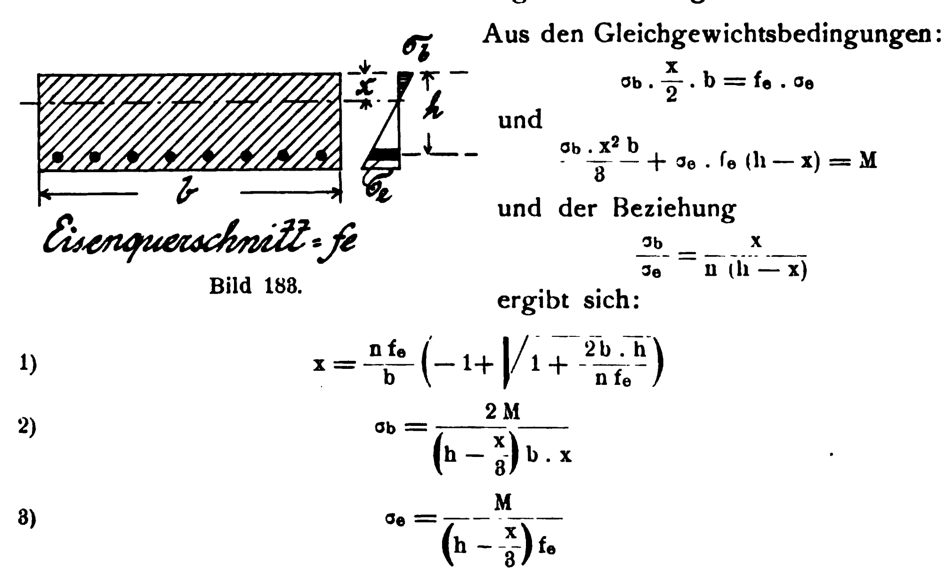


Bild 183.

Aus den Gleichgewichtsbedingungen:

$$\sigma_b \cdot \frac{x}{2} \cdot b = f_e \cdot \sigma_e$$

und

$$\frac{\sigma_b \cdot x^2 b}{3} + \sigma_e \cdot f_e (h - x) = M$$

und der Beziehung

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_e} = \frac{x}{n (h - x)}$$

ergibt sich:

1) $$x = \frac{n f_e}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 b \cdot h}{n f_e}} \right)$$

2) $$\sigma_b = \frac{2 M}{\left(h - \frac{x}{3}\right) b \cdot x}$$

3) $$\sigma_e = \frac{M}{\left(h - \frac{x}{3}\right) f_e}$$

### B. Platten mit doppelter Eiseneinlage.

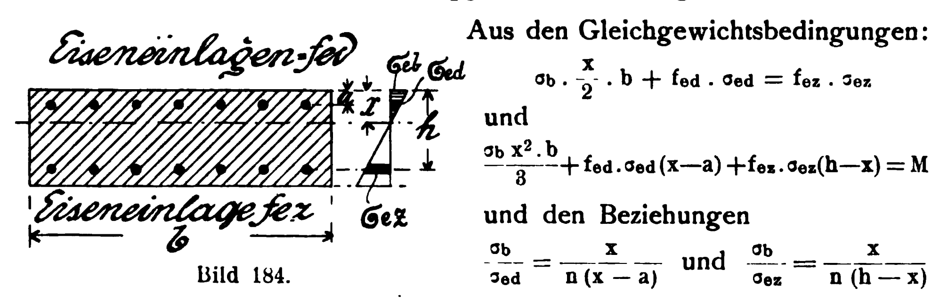


Bild 184.

Aus den Gleichgewichtsbedingungen:

$$\sigma_b \cdot \frac{x}{2} \cdot b + f_{ed} \cdot \sigma_{ed} = f_{ez} \cdot \sigma_{ez}$$

und

$$\frac{\sigma_b x^2 . b}{3} + f_{ed} . \sigma_{ed} (x - a) + f_{ez} . \sigma_{ez} (h - x) = M$$

und den Beziehungen

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_{ed}} = \frac{x}{n (x - a)} \quad \text{und} \quad \frac{\sigma_b}{\sigma_{ez}} = \frac{x}{n (h - x)}$$

ergibt sich:

4) $$x = -n\frac{f_{ez}+f_{ed}}{b} + \sqrt{\frac{n^2(f_{ez}+f_{ed})^2}{b^2} + \frac{2n}{b}(h \cdot f_{ez} + a f_{ed})}$$

5) $$\sigma_b = \frac{6M \cdot x}{b x^2 (3h - x) + 6 f_{ed} \cdot n (x - a)(h - a)}$$

6) $$\sigma_{ed} = \frac{\sigma_b (x - a) n}{x}$$

7) $$\sigma_{ez} = \frac{\sigma_b (h - x) n}{x}$$

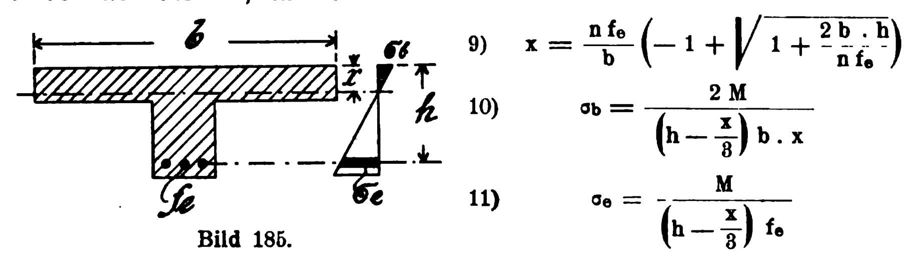
Ist $f_{ed} = f_{ez} = f_e$, so heißt die Formel 4

8) $$x = -n\frac{2 f_e}{b} + \sqrt{\frac{4 n^2 \cdot f_e^2}{b^2} + \frac{2n}{b} \cdot f_e (h + a)}$$

## II. Plattenbalken.

### A. Plattenbalken mit einfacher Eiseneinlage.

Liegt die Nullinie innerhalb der Platte, so sind die Formeln dieselben wie bei I A, nämlich




9) $$x = \frac{n f_e}{b}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2b \cdot h}{n f_e}}\right)$$

10) $$\sigma_b = \frac{2M}{\left(h - \frac{x}{3}\right) b \cdot x}$$

11) $$\sigma_e = \frac{M}{\left(h - \frac{x}{3}\right) f_e}$$

Bild 185.

Fällt die Nullinie aus der Platte heraus, so ergibt sich unter Vernachlässigung der geringen zwischen der Nullinie und der Plattenunterkante wirksamen Druckspannungen, aus den Bedingungen:

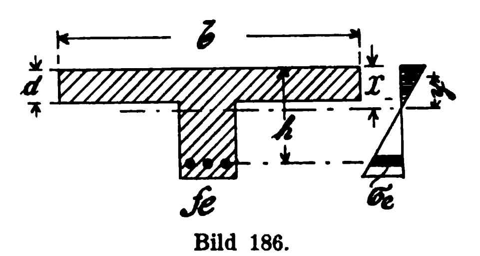



Bild 186.

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_e} = \frac{x}{n(h-x}$$

und

$$f_e \cdot \sigma_e = \frac{\sigma_b \cdot x \cdot b}{2} - \frac{\sigma_b (x-d) b}{x} \cdot \frac{(x-d)}{2}$$

12) $$x = \frac{2n \cdot h \cdot f_e + b d^2}{2(n \cdot f_e + b d}$$

und aus der Schwerpunktsgleichung für das Trapez der Abstand des Druckmittelpunktes von der Nulllinie zu

13) $$y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6(2x - d)}$$

14) $$y \text{ ist auch } = x - \frac{d}{3} \cdot \frac{3x - 2d}{2x - d}$$

15) $$\sigma_e = \frac{M}{(h - x + y) f_e}$$

16) $$\sigma_b = \frac{x\,\sigma_e}{n(h - x)}$$

## B. Plattenbalken mit doppelter Eiseneinlage.

Liegt die Nullinie innerhalb der Platte, so sind die Formeln dieselben wie bei I B, nämlich:

17) $$x = -n\frac{f_{ez}+f_{ed}}{b} + \sqrt{\frac{n^2(f_{ez}+f_{ed})^2}{b^2} + \frac{2n}{b}(h\,f_{ez} + a\,f_{ed})}$$

Bild 187.

18) $$\sigma_b = \frac{6\,M\,x}{b x^2(3h-x) + 6 f_{ed}\,.\,n\,(x-a)(h-a)}$$

19) $$\sigma_{ed} = \frac{\sigma_b\,(x-a)\,n}{x}$$

20) $$\sigma_{ez} = \frac{\sigma_b\,(h-x)\,n}{x}$$

und für

$$f_{ed} = f_{ez} = f_e$$

21) $$x = -n\frac{2f_e}{b} + \sqrt{\frac{4n^2f_e^2}{b^2} + \frac{2n}{b}\,.\,f_e\,(h+a)}$$

Fällt die Nullinie aus der Platte heraus, so ergibt sich unter Vernachlässigung der geringen zwischen Nullinie und Unterkante Platte entstehenden Druckspannungen, aus den Bedingungen:

$$f_{ez}\,.\,\sigma_{ez} = \frac{\sigma_b\,x\,b}{2} - \frac{\sigma_b\,(x-d)}{x}\,.\,b\,.\,\frac{x-d}{2} + f_{ed}\,.\,\sigma_{ed},$$

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_{ez}} = \frac{x}{n\,(h-x)}$$

und

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_{ed}} = \frac{x}{n\,(x-a)}$$

22) $$x = \frac{2n\,(f_{ez}\,.\,h + f_{ed}\,.\,a) + d^2\,.\,b}{2\,[n\,(f_{ez}+f_{ed}) + b\,.\,d]}$$

Die Entfernung des Schwerpunktes des Drucktrapezes von der Nullinie ist wieder wie vorhin

23) $$y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6\,(2x-d)}$$

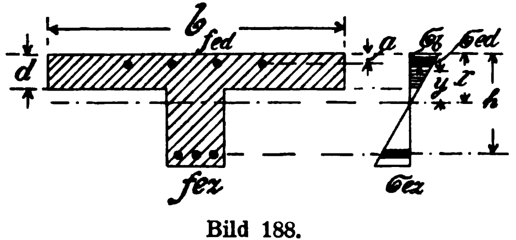



Bild 188.

und man erhält unter Verwendung der Ausdrücke

$$\sigma_{ez} = \frac{n\,.\,\sigma_b\,(h-x)}{x}$$

und

$$\sigma_{ed} = \frac{n\,.\,\sigma_b\,(x-a)}{x}$$

aus der Momentengleichung:

$$M = \left(\frac{\sigma_b\,.\,x\,.\,b}{2} - \frac{\sigma_b\,(x-d)\,b}{x}\,.\,\frac{(x-d)}{2}\right)(h - x + y) + f_{ed}\,.\,\sigma_{ed}\,(x-a) + f_{ez}\,.\,\sigma_{ez}\,(h-x)$$

24) $$\sigma_b = \frac{2M\,.\,x}{[x^2\,.\,b - b\,(x-d)^2]\,(h - x + y) + 2n f_{ed}\,(x-a)^2 + 2n\,f_{ez}\,(h-x)^2}$$

25) $$\sigma_{ed} \approx \frac{\sigma_b\,(x-a)\,n}{x}$$

26) $$\sigma_{ez} = \frac{\sigma_b (h - x) n}{x}$$

Wo es nicht auf völlige Genauigkeit ankommt, können zur Ermittelung der Spannungen die folgenden einfacheren, aber sehr genauen Annäherungsformeln verwendet werden.

27) $$\sigma_{ez} = \frac{M}{(h - x + y) f_{ez}}$$

28) $$\sigma_b = \frac{\sigma_{ez} \cdot x}{n (h - x)}$$

29) $$\sigma_{ed} = \frac{\sigma_{ez} (x - a)}{(h - x)}$$

Bezeichnet $\tau$ die Schubspannung im Beton, $\tau_z$ und $\tau_d$ die Haftspannung an der Oberfläche der gezogenen und der gedrückten Eiseneinlage, e die Entfernung zwischen Zug- und Druckmittelpunkt, $b_1$ die Breite des Querschnittes in Höhe der Nullinie, V die Vertikalkraft an einer beliebigen Stelle und u den Umfang der Eiseneinlagen, dann ist

30) $$\tau = \frac{V}{e \cdot b_1}$$

31) $$\tau_z = \frac{V}{e \cdot u}$$

32) $$\tau_d = \tau_z \frac{(x - a)}{(h - x)}$$

Genügt der Betonquerschnitt nicht, um die horizontalen Schubkräfte $\tau$ aufzunehmen, so sind Bügel einzulegen, welche den Ueberschuß der Schubkraft aufzunehmen haben. Bedeutet F den Bügelquerschnitt, $\sigma_s$ die zulässige Scheerbeanspruchung des Eisens und E die Entfernung der Bügel, so ist

33) $$E = \frac{F \cdot \sigma_s}{\frac{V}{e} - 4{,}5\, b_1} \quad \text{oder} \quad E = \frac{F \cdot \sigma_s}{(\tau - 4{,}5)\, b_1}$$

Der erste Bügel ist einzulegen in einer Entfernung vom Auflager, in m ausgedrückt, von

34) $$x = \frac{A - 4{,}5\, b_1 \cdot e}{p}$$

Hierin ist A der Auflagerdruck in kg und p die Belastung für den lfdm. in kg.

## III. Stützen.

Es ist $F$ = Gesamtquerschnitt der Stütze,
$f_b$ = Betonquerschnitt,
$f_e$ = Eisenquerschnitt,
$b$ = Breite, $h$ = Höhe d. Stützenquerschnitts,
$F = f_b + n f_e = b \cdot h + n \cdot f_e$
$J = \frac{1}{12} b h^3 + n f_e \left(\frac{h}{2} - a\right)^2$

Bild 189.

Die Entfernung der Kerngrenze von der Mittelachse ist

$$f = \frac{2\,J}{F\,h}$$

A. Die Last greift im Schwerpunkt an

35) $$\sigma_b = \frac{P}{F}$$

36) $$\sigma_e = \frac{P}{F}\,n$$

B. Die Last greift exzentrisch innerhalb des Kernes an.



37) $$\sigma_{b_1} = \frac{P}{F} + \frac{P \,.\, e \,.\, h}{2\,J}$$

38) $$\sigma_{b_2} = \frac{P}{F} - \frac{P \,.\, e \,.\, h}{2\,J}$$

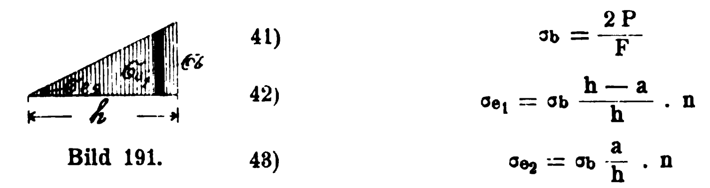
Bild 190.

hierin bedeutet e die Exzentrizität.

39) $$\sigma_{e_1} = \frac{(\sigma_{b_1} - \sigma_{b_2})\,(h - a)}{h} \,.\, n$$

40) $$\sigma_{e_2} = \left[\frac{(\sigma_{b_1} - \sigma_{b_2})\,a}{h} + \sigma_{b_2}\right] .\, n$$

C. Die Last greift auf der Kerngrenze an.



41) $$\sigma_b = \frac{2\,P}{F}$$

42) $$\sigma_{e_1} = \sigma_b\,\frac{h - a}{h} \,.\, n$$

43) $$\sigma_{e_2} = \sigma_b\,\frac{a}{h} \,.\, n$$

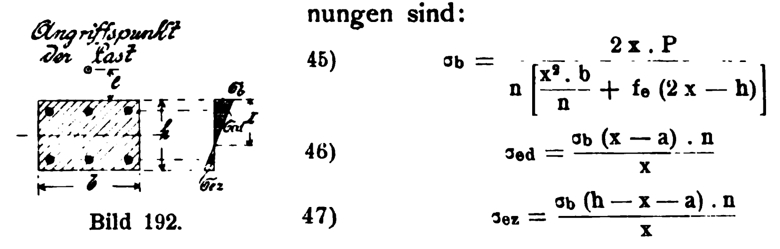
Bild 191.

D. Die Last greift außerhalb des Kernes an.

Der Abstand der Nullinie vom äußersten gedrückten Rande ergibt sich aus der Gleichung:

44) $$x^3\,\frac{b}{6\,n \,.\, f_e} \pm x^2\,\frac{b \,.\, e}{2\,n \,.\, f_e} + \frac{x}{2}\,(h \pm 2\,e) = a^2 + \frac{h^2}{2} - h\left(a \mp \frac{e}{2}\right)$$

Hierin bedeutet e den Abstand des Angriffspunkets der Last P vom äußersten gedrückten Rande und $f_e$ den Gesamtquerschnitt der Eiseneinlagen. Das obere Vorzeichen gilt, wenn die Last außerhalb, das untere, wenn die Last innerhalb des Querschnittes angreift. Die Spannungen sind:




45) $$\sigma_b = \frac{2\,x \,.\, P}{n\left[\frac{x^2 \,.\, b}{n} + f_e\,(2\,x - h)\right]}$$

46) $$\sigma_{ed} = \frac{\sigma_b\,(x - a) \,.\, n}{x}$$

47) $$\sigma_{ez} = \frac{\sigma_b\,(h - x - a) \,.\, n}{x}$$

Bild 192.

Die Untersuchung einer Stütze auf Knicksicherheit erfolgt nach der Formel:

48) $$J = \frac{P \cdot l^2 \cdot s}{\pi^2 \cdot E}$$

Hierin ist J das erforderliche Trägheitsmoment,
P die Last in kg,
l die Länge der Stütze in cm,
s der Sicherheitsgrad = 10,
E der Elastizitätsmodul des Betons = 140 000.

## IV. Beanspruchung eines Querschnittes durch eine Normalkraft und ein Moment.

Solange die Beanspruchung durch das Moment kleiner ist, als diejenige durch die Achsialkraft, entstehen keine Zugspannungen und die Beanspruchungen sind (vergl. Bild 190):

49) $$\sigma b_1 = \frac{P}{F} + \frac{M \cdot h}{2 J}$$

50) $$\sigma b_2 = \frac{P}{F} - \frac{M \cdot h}{2 J}$$

51) $$\sigma e_1 = \frac{(\sigma b_1 - \sigma b_2)(h - a)}{h}$$

52) $$\sigma e_2 = \left[\frac{(\sigma b_1 - \sigma b_2)\, a}{h} + \sigma b_2\right] \cdot n$$

Ist die Höchstspannung, die das Moment hervorruft, größer als diejenige, welche durch die Achsialkraft erzeugt wird, ist also $\frac{P}{F} < \frac{M \cdot h}{2 J}$, so entstehen Zugspannungen. Man muß alsdann zunächst den Durchgangspunkt der Achsialkraft durch die Querschnittsebene bestimmen aus der Formel

53) $$e = \frac{M}{P} - \frac{h}{2}$$

und hat alsdann genau so zu verfahren wie bei III D.

## Hilfsmittel zur Bestimmung der Querschnittsabmessungen.

Das Berechnen von Eisenbetonbauten ist im allgemeinen sehr zeitraubend, insbesondere, wenn die Form der Bauteile in gewissen Grenzen bleiben muß, und dabei der Preis auf das Mindeste zu beschränken ist. Diesem Uebelstande abzuhelfen, sind außer einer Zusammenstellung der für die statische Berechnung in Betracht kommenden Formeln in erster Linie Tabellen geeignet, deren Gebrauch bequem und nicht zeitraubend ist; ferner eine Zusammenstellung derjenigen Gesichtspunkte, welche beim

Berechnen ins Auge zu fassen sind. Hiervon ausgehend, sind die nachstehenden Tabellen berechnet und denselben verschiedene zur Bequemlichkeit beim Berechnen dienende Zusammenstellungen und Erläuterungen beigefügt worden. Es ist ein Ding der Unmöglichkeit, Tabellen zu berechnen, die jedes in der Praxis mögliche Ergebnis enthalten. Das ist in der statischen Eigenart des Eisenbetons begründet und darin, daß die einzelnen Eisenbetonbauteile — und dies gilt besonders von den Unterzügen — außerordentlich viele Querschnittsformen haben können. Die nachstehende Tabelle für Unterzüge ist zwischen den angenommenen Begrenzungen engmaschig genug gehalten, um allen Anforderungen der Praxis zu genügen. Nötigenfalls ließen sich auch durch Interpolieren noch leicht Zwischenwerte berechnen. Da es nicht zweckmäßig ist, Tabellen unter Zugrundelegung von Spannweiten und Belastungen für den qm zu berechnen — denn solche Tabellen sind für die sehr häufigen Fälle zusammengesetzter Belastung nicht brauchbar — so sind die Tabellen unter Zugrundelegung von Momenten aufgestellt. Die Unterzugstabellen umfassen Unterzüge von einer Tragfähigkeit von M = 100 000 cm/kg bis 3 000 000 cm/kg bei 1 m Breite und einer statischen Höhe von 11 cm bis 160 cm, können aber mit Leichtigkeit auch auf größere oder kleinere Breiten mit entsprechender größerer oder kleinerer Tragfähigkeit bezogen werden (vergleiche Anleitung zum Gebrauch der Tabellen) und sind in folgender Weise berechnet.

Für Eisenbetonbalken gelten bekanntlich unter Beachtung der ministeriellen Vorschrift $\left(\frac{E_e}{E_b} = 15\right)$ folgende Beziehungen (vergl. hierüber die Ableitungen des Verfassers in No. 8 des Jahrganges 1905 der Zeitschrift „Zement und Beton" bezw. den darüber erschienenen Sonderabdruck).

1) $$h = (\alpha + 15)\sqrt{\frac{2}{15\,\sigma_b\,.\,b\,(\alpha + 10)}}\,.\,\sqrt{M}$$

oder

2) $$h = (\alpha + 15)\sqrt{\frac{2\,\alpha}{15\,\sigma_e\,.\,b\,(\alpha + 10)}}\,.\,\sqrt{M}$$

worin $\alpha = \frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ bedeutet.

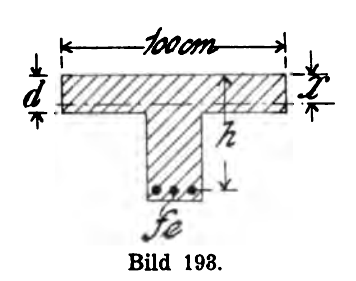
Bezeichnet man den vor $\sqrt{M}$ stehenden Ausdruck mit C, so ist $h = C\sqrt{M}$ und $C = \frac{h}{\sqrt{M}}$.

Bei gegebenem M ist also C von der Höhe h abhängig. Jedem C entsprechen nun bestimmte Spannungen, die unter Annahme der Höchstspannungen für $\sigma_b$ und $\sigma_e$ mit 40 und 1200 aus den Formeln 1 und 2 bestimmt worden sind. Hieraus sind endlich die Werte x und $f_e$ aus den Beziehungen $x = \frac{15\,h}{\alpha + 15}$ und $f_e = \frac{50\,x}{\alpha}$ berechnet worden.

Die Tabelle 2 für glatte Decken für Spannungen von 40 und 1200 kg dürfte auch zur Bequemlichkeit beim Rechnen dienen, da diese Spannungen die billigsten Decken ergeben und infolgedessen meistens angewendet werden. Die Tabelle 4 ermöglicht ein schnelles Berechnen von Platten, wenn andere Spannungen zugrunde gelegt werden sollen. Die Tabelle 3 ist geeignet, beim Berechnen von Eisenbetonstützen Hilfe zu leisten.

Von der Aufstellung von Tabellen für Stützen ist abgesehen worden, weil die Knicksicherheit, deren Berechnung eine gewisse Arbeit verursacht, nur in den seltensten Fällen in Frage kommt (vergl. ministr. Best. II. C 5) und die Berechnung auf Normaldruck mit nennenswerter Arbeit nicht verbunden ist. Wo es zweckmäßig erschien, sind die Erläuterungen zum Gebrauch der einzelnen Tabellen diesen beigefügt worden.

# 1. Tabellen für Plattenunterzüge.


Bild 193.

coëff. $= \frac{h}{\sqrt{M}}$

$\sigma_e$ = Spannung im Eisen

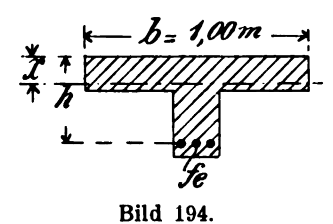
$\sigma_b$ = Spannung im Beton

$\alpha = \frac{\sigma_e}{\sigma_b}$

$f_e$ = Eisenquerschnitt

x = Stärke der Druckzone.

Die nachstehenden Tabellen sind für eine Plattenbreite von 1,00 m berechnet. Ist die Plattenbreite bei gegebenem Moment eine andere, so ist die Eiseneinlage für dasjenige Moment aufzusuchen, welches auf 1,00 m Plattenbreite entfällt und dann mit der Plattenbreite b zu multiplizieren.


Bild 194.

Beispiel: Ein Moment von 1 200 000 cm/kg ist von einem 54 cm hohen Unterzug (statische Höhe = 50 cm) aufzunehmen. Die Plattenbreite beträgt 1,50 m. Auf 1 m Breite entfällt das Moment $\frac{1\,200\,000}{1,5} = 800\,000$ cm/kg. Hierfür ist gemäß Tabelle auf S. 235 erforderlich $f_e = 14,4$ qcm. Ein Unterzug von 1,00 m Plattenbreite, 50 cm statischer Höhe und 14,4 qcm Eiseneinlagen nimmt also ein Moment von 800 000 cm/kg auf nnd erhält dabei die Spannungen $\sigma_b = 27,3$ und $\sigma_e = 1200$ kg p. qcm. Es ist klar, daß ein Unterzug von der eineinhalbfachen Breite mit der eineinhalbfachen Eiseneinlage bei derselben Höhe und denselben Spannungen ein Moment von 800 000 . 1,5 = 1 200 000 cm/kg aufnimmt. Für den Gebrauch der nachstehenden Tabelle merke man sich daher folgendes: Ist die Plattenbreite des Unterzuges eine andere als 1,00 m, so dividiere man das Moment (in cm/kg ausgedrückt) durch die Plattenbreite (in m ausgedrückt), bestimme für dieses reduzierte Moment den erforderlichen Eisenquerschnitt und multipliziere diesen Eisenquerschnitt mit der Plattenbreite b (in m ausgedrückt).

Die Tabellenwerte sind nur dann genau richtig, wenn die Stärke der Gurtplatten mindestens = x = der Stärke der Druckzone ist. Ist die Plattenstärke geringer als x, liegt also die Nullinie außerhalb der Platte, so können die auf die Eiseneinlage bezüglichen Werte ohne weiteres als richtig angenommen werden (die Spannung im Eisen ist um ein geringes kleiner, da die Entfernung der Spannungsmittelpunkte etwas größer wird).

In welcher Weise sich die Betonspannungen vergrößern, darüber gibt folgende Betrachtung Aufschluß: Wenn die Nullinie in der Platte liegt, ist A B C das Druckdreieck. Hat die Platte nur die Stärke n . x, so verteilt sich der Druck in der Platte nach Form des Trapezes A D E F. Die beiden Flächen müssen angenähert gleich groß sein (das Trapez ist um ein geringes kleiner). Die Spannung an der Oberkante vergrößert sich um σ'. Unter Benutzung der nebenstehenden Skizze ist

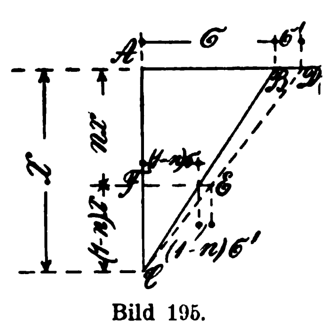


Bild 195.

$$\frac{(1-n)\,\sigma\,.\,(1-n)\,x}{2} = \frac{\sigma' + (1-n)\,\sigma'\,.\,n\,.\,x}{2}$$

Hieraus ergibt sich

$$\sigma' = \frac{(1-n)^2}{n\,(2-n)}\,.\,\sigma$$

Beträgt z. B. die Plattenstärke — um einen außergewöhnlichen Fall anzuführen — nur $\frac{x}{2}$, so würde sich die tabellenmäßige Betonbeanspruchung vergrößern um

$$\sigma' = \frac{0{,}25}{0{,}5\,.\,1{,}5}\,\sigma = \frac{\sigma}{3}$$

Die tatsächlichen Beanspruchungen sind aber noch etwas niedriger als die so berechneten, da mit abnehmender Plattenstärke die Nullinie nach unten und der Druckmittelpunkt nach oben rückt. Durch Vernächlässigung dieser Umstände erhält man das Zahlenergebnis etwas zu hoch. Die Tabellen sind daher auch anwendbar, wenn die Nullinie außerhalb der Platte liegt. Man hat dabei nur im Auge zu behalten, daß die Betonspannungen sich etwas vergrößern und einen Querschnitt mit etwas niedriger Spannung zu wählen. Rechnet man dann die Betonspannung nach der angeführten Formel um, so hat man die Gewißheit, daß die gefundene Spannung noch nicht ganz erreicht wird.

**M = 100 000.**

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 0,034782 | 15,5 | 40 | 620 | 17,5 | 5,41 |
| 12 | 0,037944 | 22,5 | 40 | 900 | 10,7 | 4,80 |
| 13 | 0,0411060 | 30 | 40 | 1200 | 7,22 | 4,33 |
| 14 | 0,044268 | 33 | 36,4 | 1200 | 6,63 | 4,38 |
| 15 | 0,047430 | 36 | 33,4 | 1200 | 6,13 | 4,41 |
| 16 | 0,050592 | 39 | 30,8 | 1200 | 5,70 | 4.44 |
| 17 | 0,053754 | 42 | 28,6 | 1200 | 5,33 | 4,47 |
| 18 | 0,056916 | 44,5 | 27 | 1200 | 5,10 | 4,54 |
| 19 | 0,060078 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 4,80 | 4,56 |
| 20 | 0,063240 | 50,5 | 23,8 | 1200 | 4,54 | 4,58 |
| 22 | 0,069564 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 4,08 | 4,62 |
| 24 | 0,075888 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 3,72 | 4,65 |
| 26 | 0,082212 | 68.5 | 17,5 | 1200 | 3,41 | 4,67 |
| 28 | 0,088536 | 74,5 | 16,1 | 1200 | 3,15 | 4,69 |

**M = 125 000.**

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 0,036764 | 20 | 40 | 800 | 13,9 | 5,57 |
| 14 | 0,039592 | 26,5 | 40 | 1060 | 9,55 | 5,06 |
| 15 | 0,042420 | 31 | 38,7 | 1200 | 7,89 | 4,89 |
| 16 | 0,045248 | 34 | 35,3 | 1200 | 7,20 | 4,90 |
| 17 | 0,058076 | 36,5 | 32,9 | 1200 | 6,78 | 4,95 |
| 18 | 0,050904 | 39 | 30,8 | 1200 | 6,41 | 5,00 |
| 19 | 0,053732 | 41,5 | 29 | 1200 | 6,08 | 5,04 |
| 20 | 0,056560 | 44,5 | 27 | 1200 | 5,67 | 5,04 |
| 22 | 0,062216 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 5,17 | 5,12 |
| 24 | 0,067872 | 55 | 21,8 | 1200 | 4,68 | 5,14 |
| 26 | 0,073528 | 60.5 | 19,9 | 1200 | 4,27 | 5,17 |
| 28 | 0,079184 | 65,5 | 18,3 | 1200 | 3,98 | 5,22 |
| 30 | 0,084840 | 71 | 16,9 | 1200 | 3,69 | 5,23 |
| 32 | 0,090496 | 76 | 15,8 | 1200 | 3,47 | 5,28 |

### M = 150 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 0,036148 | 18,5 | 40 | 740 | 16,9 | 6,27 |
| 15 | 0,038730 | 24,5 | 40 | 980 | 11,6 | 5,70 |
| 16 | 0,041312 | 30 | 40 | 1200 | 8,89 | 5,33 |
| 17 | 0,043894 | 32,5 | 37 | 1200 | 8,26 | 5,37 |
| 18 | 0,046476 | 35 | 34,3 | 1200 | 7,71 | 5,40 |
| 19 | 0,049058 | 37,5 | 32 | 1200 | 7,24 | 5,43 |
| 20 | 0,051640 | 40 | 30 | 1200 | 6,82 | 5,46 |
| 22 | 0,056804 | 44,5 | 27 | 1200 | 6,23 | 5,55 |
| 24 | 0,061968 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 5,64 | 5,58 |
| 26 | 0,067132 | 54,5 | 22 | 1200 | 5,15 | 5,61 |
| 28 | 0,072296 | 59 | 20,4 | 1200 | 4,81 | 5,68 |
| 30 | 0,077460 | 64 | 18,8 | 1200 | 4,45 | 5,70 |
| 32 | 0,082624 | 69 | 17,4 | 1200 | 4,14 | 5,71 |
| 34 | 0,087788 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 3,92 | 5,76 |
| 36 | 0,092952 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 3,68 | 5,78 |

### M = 175 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 0,03585 | 18 | 40 | 720 | 18,9 | 6,82 |
| 16 | 0,03824 | 23,5 | 40 | 940 | 13,3 | 6,23 |
| 17 | 0,04063 | 28,5 | 40 | 1140 | 10,3 | 5,86 |
| 18 | 0,04302 | 31,5 | 38,1 | 1200 | 9,22 | 5,81 |
| 19 | 0,04541 | 34 | 35,8 | 1200 | 8,55 | 5,82 |
| 20 | 0,04780 | 36 | 33,4 | 1200 | 8,17 | 5,88 |
| 22 | 0,05258 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 7,34 | 5,95 |
| 24 | 0,05736 | 45,0 | 26,7 | 1200 | 6,67 | 6,00 |
| 26 | 0,06214 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 6,11 | 6,05 |
| 28 | 0,06692 | 54 | 22,3 | 1200 | 5,64 | 6,09 |
| 30 | 0,07170 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 5,23 | 6,12 |
| 32 | 0,07648 | 63 | 19,1 | 1200 | 4,88 | 6,15 |
| 34 | 0,08126 | 67,5 | 17,8 | 1200 | 4,58 | 6,18 |
| 36 | 0,08604 | 72 | 16,7 | 1200 | 4,31 | 6,21 |
| 38 | 0,09082 | 76,5 | 15,7 | 1200 | 4,07 | 6,23 |

### M = 200 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 0,035776 | 17,5 | 40 | 700 | 21,1 | 7,39 |
| 17 | 0,038012 | 23 | 40 | 920 | 14,6 | 6 71 |
| 18 | 0,040248 | 28 | 40 | 1120 | 11,2 | 6,28 |
| 19 | 0,042484 | 31 | 38,7 | 1200 | 9,99 | 6,20 |
| 20 | 0,044720 | 33,5 | 35,9 | 1200 | 9,23 | 6,19 |
| 22 | 0,049192 | 37,5 | 32,0 | 1200 | 8,38 | 6,29 |
| 24 | 0,053664 | 41,5 | 29,0 | 1200 | 7,68 | 6,37 |
| 26 | 0,058136 | 46 | 26,1 | 1200 | 6,95 | 6,39 |
| 28 | 0,062608 | 50 | 24 | 1200 | 6,46 | 6,46 |
| 30 | 0,067080 | 54.5 | 22 | 1200 | 5,94 | 6,48 |
| 32 | 0,071552 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 5 58 | 6,53 |
| 34 | 0,076024 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 5,27 | 6,58 |
| 36 | 0,080496 | 67 | 17,9 | 1200 | 4,91 | 6,59 |
| 38 | 0,084968 | 71 | 16,9 | 1200 | 4,67 | 6,63 |
| 40 | 0,089440 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 4,39 | 6,63 |
| 42 | 0,093912 | 79,5 | 15,1 | 1200 | 4,19 | 6,67 |

### M = 225 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 0,037944 | 22,5 | 40 | 900 | 16,0 | 7,20 |
| 20 | 0,04216 | 31 | 38,7 | 1200 | 10,5 | 6,52 |
| 22 | 0,046376 | 35 | 34,3 | 1200 | 9,43 | 6,60 |
| 24 | 0,050592 | 39 | 30,8 | 1200 | 2,55 | 6,67 |
| 26 | 0,054808 | 43 | 27,9 | 1200 | 7,82 | 6,72 |
| 28 | 0,059024 | 46,5 | 25,8 | 1200 | 7,34 | 6,83 |
| 30 | 0 063240 | 50,5 | 23,8 | 1200 | 6,80 | 6,87 |
| 32 | 0,067456 | 54,5 | 22 | 1200 | 6,34 | 6,91 |
| 34 | 0,071672 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 5,93 | 6,94 |
| 36 | 0,075888 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 5,57 | 6,97 |
| 38 | 00,80104 | 66,5 | 18 1 | 1200 | 5,26 | 6,99 |
| 40 | 0,084820 | 70,5 | 17,0 | 1200 | 4,98 | 7,02 |
| 42 | 0,088536 | 74,5 | 16,1 | 1200 | 4,72 | 7,04 |
| 44 | 0,092752 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 4,50 | 7,06 |

### M = 250 000.

| h | coëff | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 0.036 | 18 | 40 | 720 | 22,7 | 8,18 |
| 20 | 0,040 | 27,5 | 40 | 1100 | 12,8 | 7,05 |
| 22 | 0,044 | 32,5 | 37 | 1200 | 10,7 | 6,93 |
| 24 | 0,048 | 36,5 | 32,9 | 1200 | 9,53 | 6,98 |
| 26 | 0,052 | 40 | 30 | 1200 | 8,86 | 7,07 |
| 28 | 0,056 | 44 | 27,3 | 1200 | 8,08 | 7,11 |
| 30 | 0,060 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 7,57 | 7,20 |
| 32 | 0,064 | 51,5 | 23,3 | 1200 | 7,00 | 7,22 |
| 34 | 0,068 | 55 | 21,8 | 1200 | 6,62 | 7,28 |
| 36 | 0,072 | 59 | 20,4 | 1200 | 6,18 | 7,30 |
| 38 | 0,076 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 5,88 | 7,36 |
| 40 | 0,080 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 5,53 | 7,36 |
| 42 | 0,084 | 70 | 17,2 | 1200 | 5,29 | 7,41 |
| 44 | 0,088 | 74 | 16,2 | 1200 | 5,01 | 7,42 |
| 46 | 0,092 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 4,81 | 7,46 |

### M = 275 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0,03816 | 23 | 40 | 920 | 17,2 | 7,90 |
| 22 | 0,04198 | 30,5 | 39,4 | 1200 | 11,9 | 7,25 |
| 24 | 0,04579 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 10,5 | 7,27 |
| 26 | 0,04961 | 38 | 31,6 | 1200 | 9,68 | 7,36 |
| 28 | 0,05342 | 41,5 | 29 | 1200 | 8,96 | 7,43 |
| 30 | 0,05724 | 45 | 26,7 | 1200 | 8,33 | 7,50 |
| 32 | 0,06106 | 48,5 | 24,8 | 1200 | 7,79 | 7,56 |
| 34 | 0,06487 | 52 | 23,1 | 1200 | 7,32 | 7,61 |
| 36 | 0,06869 | 56 | 21,5 | 1200 | 6,79 | 7,61 |
| 38 | 0,07250 | 59,5 | 20,2 | 1200 | 6,43 | 7,65 |
| 40 | 0,07632 | 63 | 19,1 | 1200 | 6,11 | 7,69 |
| 42 | 0,08014 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 5,81 | 7,73 |
| 44 | 0,08395 | 70 | 17,2 | 1200 | 5,55 | 7,77 |
| 46 | 0,08777 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 5,30 | 7,77 |
| 48 | 0,09158 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 5,02 | 7,78 |

## M = 300 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0,0366 | 19,5 | 40 | 780 | 22,3 | 8,68 |
| 22 | 0,04026 | 28 | 40 | 1120 | 13,7 | 7.66 |
| 24 | 0,04392 | 32,5 | 37 | 1200 | 11,7 | 7,58 |
| 26 | 0,04758 | 36 | 33,4 | 1200 | 10,6 | 7,64 |
| 28 | 0,05124 | 39,5 | 30,4 | 1200 | 9,75 | 7.70 |
| 30 | 0,05490 | 43 | 27,9 | 1200 | 9,02 | 7,76 |
| 32 | 0,05856 | 46 | 26,1 | 1200 | 8,55 | 7,87 |
| 34 | 0,06222 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 7,98 | 7,89 |
| 36 | 0,06588 | 53 | 22,7 | 1200 | 7,49 | 7,94 |
| 38 | 0,06954 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 7,05 | 7,97 |
| 40 | 0,07320 | 60 | 20,0 | 1200 | 6,66 | 8,00 |
| 42 | 0,07686 | 63,5 | 18,9 | 1200 | 6,31 | 8,03 |
| 44 | 0,08052 | 67 | 17,9 | 1200 | 6,00 | 8.05 |
| 46 | 0,08418 | 70,5 | 17,0 | 1200 | 5,72 | 8,07 |
| 48 | 0,08784 | 74 | 16,2 | 1200 | 5,46 | 8,09 |
| 50 | 0,09150 | 77 | 15,6 | 1200 | 5,29 | 8,15 |

## M = 325 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0,03508 | 16 | 40 | 640 | 30,2 | 9,68 |
| 22 | 0,03859 | 24 | 40 | 960 | 17,6 | 8,46 |
| 24 | 0,04210 | 31 | 38.7 | 1200 | 12.6 | 7.83 |
| 26 | 0.04560 | 34 | 35,3 | 1200 | 11,7 | 7.96 |
| 28 | 0,04911 | 37,5 | 32 | 1200 | 10,7 | 8,00 |
| 30 | 0.05262 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 10,0 | 8,11 |
| 32 | 0.05613 | 44 | 27,3 | 1200 | 9.25 | 8,14 |
| 34 | 0,05964 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 8,59 | 8,16 |
| 36 | 0,06314 | 50,5 | 23,8 | 1200 | 8,16 | 8,24 |
| 38 | 0,06665 | 54 | 22,3 | 1200 | 7,65 | 8,26 |
| 40 | 0,07016 | 57 | 21,1 | 1200 | 7,31 | 8,33 |
| 42 | 0,07367 | 60.5 | 19,9 | 1200 | 6,90 | 8,34 |
| 44 | 0,07718 | 64 | 18,8 | 1200 | 6,53 | 8,35 |
| 46 | 0,08068 | 67 | 17.9 | 1200 | 6,28 | 8,42 |
| 48 | 0,08419 | 70,5 | 17 | 1200 | 5,97 | 8,42 |
| 50 | 0,08770 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 5,77 | 8,48 |
| 52 | 0,09121 | 77 | 15,6 | 1200 | 5,51 | 8,49 |

## M = 350 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 0,03718 | 21 | 40 | 840 | 21,8 | 9,17 |
| 24 | 0,04056 | 28,5 | 40 | 1140 | 14,5 | 8,28 |
| 26 | 0,04394 | 32,5 | 37 | 1200 | 12,6 | 8,19 |
| 28 | 0,04732 | 35,5 | 33,8 | 1200 | 11,8 | 8,32 |
| 30 | 0,05070 | 39 | 30,8 | 1200 | 10,7 | 8,33 |
| 32 | 0,05408 | 42 | 28,6 | 1200 | 10,0 | 8,42 |
| 34 | 0,05746 | 45 | 26,7 | 1200 | 9,44 | 8,50 |
| 36 | 0,06084 | 48,5 | 24,8 | 1200 | 8,76 | 8,50 |
| 38 | 0,06422 | 51,5 | 23,3 | 1200 | 8,32 | 8,57 |
| 40 | 0.06760 | 55 | 21,8 | 1200 | 7,79 | 8,57 |
| 42 | 0,07098 | 58 | 20,7 | 1200 | 7,43 | 8,63 |
| 44 | 0,07436 | 61 | 19,7 | 1200 | 7,11 | 8,68 |
| 46 | 0,07774 | 64 | 18,8 | 1200 | 6,81 | 8,73 |
| 48 | 0,08112 | 67,5 | 17,8 | 1200 | 6,46 | 8,73 |
| 50 | 0,08450 | 70,5 | 17,0 | 1200 | 6,22 | 8,77 |
| 52 | 0,08788 | 74 | 16,2 | 1200 | 5,92 | 8,76 |
| 54 | 0,09126 | 77 | 15,6 | 1200 | 5,71 | 8,80 |
| 56 | 0,09464 | 80 | 15,0 | 1200 | 5,53 | 8,84 |

## M = 375 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 0,03586 | 18 | 40 | 720 | 27,8 | 10.0 |
| 24 | 0,03912 | 25,5 | 40 | 1020 | 17,4 | 8,89 |
| 26 | 0,04238 | 31 | 38,7 | 1200 | 13,7 | 8,49 |
| 28 | 0,04564 | 34 | 35,3 | 1200 | 12,6 | 8,57 |
| 30 | 0,04890 | 37 | 32,5 | 1200 | 11,7 | 8,65 |
| 32 | 0,05216 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 10,7 | 8,65 |
| 34 | 0,05542 | 43.5 | 27,6 | 1200 | 10,0 | 8,72 |
| 36 | 0,05868 | 46,5 | 25,8 | 1200 | 9,44 | 8,78 |
| 38 | 0,06194 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 8,93 | 8,84 |
| 40 | 0,06520 | 52,5 | 22,9 | 1200 | 8,47 | 8,89 |
| 42 | 0,06846 | 55,5 | 21,6 | 1200 | 8,05 | 8,94 |
| 44 | 0,07172 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 7,68 | 8,98 |
| 46 | 0,07498 | 61,5 | 19,5 | 1200 | 7,33 | 9,02 |
| 48 | 0,07824 | 65 | 18,5 | 1200 | 6,92 | 9,00 |
| 50 | 0,08150 | 68 | 17,7 | 1200 | 6,64 | 9,04 |
| 52 | 0,08476 | 71 | 16,9 | 1200 | 6,39 | 9,07 |
| 54 | 0,08802 | 74 | 16,2 | 1200 | 6,15 | 9,10 |
| 56 | 0,09128 | 77 | 15,6 | 1200 | 5,93 | 9,13 |
| 58 | 0,09454 | 80 | 15 | 1200 | 5,72 | 9,16 |

## M = 400 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 0,03476 | 15,5 | 40 | 620 | 34,9 | 10,8 |
| 24 | 0,03792 | 22,5 | 40 | 900 | 21,6 | 9.60 |
| 26 | 0,04108 | 30 | 40 | 1200 | 14,4 | 8,66 |
| 28 | 0,04424 | 33 | 36,4 | 1200 | 13,3 | 8,75 |
| 30 | 0,04740 | 36 | 33,4 | 1200 | 12,3 | 8,82 |
| 32 | 0,05056 | 38,5 | 31,2 | 1200 | 11,7 | 8,97 |
| 34 | 0,05372 | 41,5 | 29,0 | 1200 | 10,9 | 9,03 |
| 36 | 0,05688 | 44,5 | 27,0 | 1200 | 10,2 | 9,08 |
| 38 | 0,06004 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 9,59 | 9,12 |
| 40 | 0,06320 | 50,5 | 23,8 | 1200 | 9,22 | 9,16 |
| 42 | 0,06636 | 53,5 | 22,5 | 1200 | 8,61 | 9,20 |
| 44 | 0,06952 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 8,19 | 9,23 |

## M = 425 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 0,03682 | 20 | 40 | 800 | 25,7 | 10,3 |
| 26 | 0,03988 | 27 | 40 | 1080 | 17,2 | 9,29 |
| 28 | 0,04295 | 31,5 | 38,1 | 1200 | 14,3 | 9,03 |
| 30 | 0,04602 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 13,2 | 9,09 |
| 32 | 0,04909 | 37,5 | 32 | 1200 | 12,2 | 9,14 |
| 34 | 0,05216 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 11,3 | 9,19 |
| 36 | 0,05522 | 43 | 27,9 | 1200 | 10,8 | 9,31 |
| 38 | 0,05829 | 46 | 26,1 | 1200 | 10,2 | 9,34 |
| 40 | 0,06136 | 49 | 24,5 | 1200 | 9,57 | 9,38 |
| 42 | 0,06443 | 52 | 23,1 | 1200 | 9,04 | 9,40 |
| 44 | 0,06750 | 54,5 | 22 | 1200 | 8,71 | 9,50 |
| 46 | 0,07056 | 57,5 | 20,9 | 1200 | 8,28 | 9,52 |

**M = 400 000.**

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 46 | 0,07268 | 59,5 | 20,2 | 1200 | 7,78 | 9,26 |
| 48 | 0,07584 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 7,43 | 9,29 |
| 50 | 0,07900 | 65,5 | 18,3 | 1200 | 7,11 | 9,32 |
| 52 | 0,08216 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 6,81 | 9,31 |
| 54 | 0,08532 | 71,5 | 16,8 | 1200 | 6,54 | 9,36 |
| 56 | 0,08848 | 74,5 | 16,1 | 1200 | 6,30 | 9,38 |
| 58 | 0,09164 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 6,06 | 9,41 |

**M = 425 000.**

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 48 | 0,07363 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 7,88 | 9,54 |
| 50 | 0,07670 | 63,5 | 18,9 | 1200 | 7,52 | 9,55 |
| 52 | 0,07977 | 66 | 18,2 | 1200 | 7,30 | 9,63 |
| 54 | 0,08284 | 69 | 17,4 | 1200 | 6,99 | 9,64 |
| 56 | 0,08590 | 72 | 16,7 | 1200 | 6,71 | 9,66 |
| 58 | 0,08897 | 75 | 16 | 1200 | 6,45 | 9,67 |
| 60 | 0,09204 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 6,28 | 9,73 |

**M = 450 000.**

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 0,03576 | 17,5 | 40 | 700 | 31,6 | 11,1 |
| 26 | 0,03874 | 24,5 | 40 | 980 | 20,1 | 9,87 |
| 28 | 0,04172 | 30,5 | 39,4 | 1200 | 15,9 | 9,23 |
| 30 | 0,04470 | 33,5 | 35,9 | 1200 | 13,8 | 9,28 |
| 32 | 0,04768 | 36 | 33,4 | 1200 | 13,1 | 9,41 |
| 34 | 0,05066 | 39 | 30,8 | 1200 | 12,1 | 9,44 |
| 36 | 0,05364 | 41,5 | 29,0 | 1200 | 11,5 | 9,56 |
| 38 | 0,05662 | 44,5 | 27,0 | 1200 | 10,8 | 9,58 |
| 40 | 0,05960 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 10,1 | 9,60 |
| 42 | 0,06258 | 50 | 24,0 | 1200 | 9,69 | 9,69 |
| 44 | 0,06556 | 53 | 22,7 | 1200 | 9,15 | 9,71 |
| 46 | 0,06854 | 55,5 | 21,6 | 1200 | 8,81 | 9,79 |
| 48 | 0,07152 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 8,37 | 9,79 |
| 50 | 0,07450 | 61,5 | 19,5 | 1200 | 7,97 | 9,80 |
| 52 | 0,07748 | 64 | 18,8 | 1200 | 7,71 | 9,87 |
| 54 | 0,08046 | 67 | 17,9 | 1200 | 7,37 | 9,88 |
| 56 | 0,08344 | 69,5 | 17,3 | 1200 | 7,15 | 9,94 |
| 58 | 0,08642 | 72,5 | 16,6 | 1200 | 6,85 | 9,94 |
| 60 | 0,08940 | 75 | 16,0 | 1200 | 6,66 | 10,00 |
| 62 | 0,09238 | 78 | 15,4 | 1200 | 6,41 | 10,00 |

**M = 475 000.**

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 0,03480 | 15,5 | 40 | 620 | 38,1 | 11,8 |
| 26 | 0,03770 | 22 | 40 | 880 | 24,0 | 10,5 |
| 28 | 0,04060 | 28,5 | 40 | 1140 | 16,9 | 9,66 |
| 30 | 0,04350 | 32 | 37,5 | 1200 | 15,0 | 9,57 |
| 32 | 0,04640 | 35 | 34,3 | 1200 | 13,7 | 9,60 |
| 34 | 0,04930 | 37,5 | 32 | 1200 | 13,0 | 9,71 |
| 36 | 0,05220 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 12,0 | 9,73 |
| 38 | 0,05510 | 43 | 27,9 | 1200 | 11,4 | 9,83 |
| 40 | 0,05800 | 45,5 | 26,4 | 1200 | 10,9 | 9,92 |
| 42 | 0,06090 | 48.5 | 24,8 | 1200 | 10,2 | 9,92 |
| 44 | 0,06380 | 51 | 23,5 | 1200 | 9,80 | 10.0 |
| 46 | 0,06670 | 54 | 22,3 | 1200 | 9.26 | 10,0 |
| 48 | 0,06960 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 8,91 | 10.1 |
| 50 | 0,07250 | 59,5 | 20,2 | 1200 | 8,46 | 10,1 |
| 52 | 0,07540 | 62 | 19,4 | 1200 | 8,17 | 10,1 |
| 54 | 0,07830 | 65 | 18,5 | 1200 | 7,79 | 10,1 |
| 56 | 0,08120 | 67,5 | 17,8 | 1200 | 7,54 | 10,2 |
| 58 | 0,08410 | 70 | 17,2 | 1200 | 7,31 | 10,2 |
| 60 | 0,08700 | 73 | 16,5 | 1200 | 7.01 | 10,2 |
| 62 | 0,08990 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 6,81 | 10,3 |
| 64 | 0,09280 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 6,54 | 10,3 |

**M = 500 000.**

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 0,03679 | 20 | 40 | 800 | 27,9 | 11,1 |
| 28 | 0,03962 | 26,5 | 40 | 1060 | 19,1 | 10,1 |
| 30 | 0,04245 | 31 | 38,7 | 1200 | 15,8 | 9,78 |
| 32 | 0,04528 | 34 | 35,3 | 1200 | 14,4 | 9,80 |
| 34 | 0,04811 | 36,5 | 32,9 | 1200 | 13,6 | 9,90 |
| 36 | 0,05094 | 39 | 30,8 | 1200 | 12,8 | 10,0 |
| 38 | 0,05377 | 42 | 28,6 | 1200 | 11,9 | 10,0 |
| 40 | 0,05660 | 44,5 | 27 | 1200 | 11,3 | 10,1 |
| 42 | 0,05943 | 47 | 25,6 | 1200 | 10,8 | 10,2 |
| 44 | 0,06226 | 50 | 24 | 1200 | 10,2 | 10,2 |
| 46 | 0,06509 | 52,5 | 22,9 | 1200 | 9,71 | 10,2 |
| 48 | 0,06792 | 55 | 21,8 | 1200 | 9,36 | 10,3 |
| 50 | 0,07075 | 58 | 20,7 | 1200 | 8,83 | 10,3 |
| 52 | 0,07358 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 8,57 | 10,3 |
| 54 | 0,07641 | 63 | 19,1 | 1200 | 8,20 | 10,4 |
| 56 | 0,07924 | 65,5 | 18,3 | 1200 | 7,93 | 10,4 |
| 58 | 0,08207 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 7,61 | 10,4 |
| 60 | 0,08490 | 71 | 16,9 | 1200 | 7,32 | 10,5 |
| 62 | 0,08773 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 7,15 | 10,5 |
| 64 | 0,09056 | 76,5 | 15,7 | 1200 | 6,82 | 10,5 |
| 66 | 0,09339 | 79 | 15,1 | 1200 | 6,63 | 10,5 |

**M = 550 000.**

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 0,03510 | 16 | 40 | 640 | 39,4 | 12,6 |
| 28 | 0,03780 | 22,5 | 40 | 900 | 24,9 | 11,2 |
| 30 | 0,04050 | 28,5 | 40 | 1140 | 18,1 | 10,3 |
| 32 | 0,04320 | 32 | 37,5 | 1200 | 15,9 | 10,2 |
| 34 | 0,04590 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 14,9 | 10,3 |
| 36 | 0,04860 | 37 | 32,5 | 1200 | 14,0 | 10,4 |
| 38 | 0,05130 | 39,5 | 30,4 | 1200 | 13,3 | 10,5 |
| 40 | 0,05400 | 42 | 28,6 | 1200 | 12,5 | 10,5 |
| 42 | 0,05670 | 44,5 | 27 | 1200 | 11,9 | 10,6 |
| 44 | 0,05940 | 47 | 25,6 | 1200 | 11,3 | 10,6 |
| 46 | 0,06210 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 10,8 | 10,7 |
| 48 | 0,06480 | 52 | 23,1 | 1200 | 10,3 | 10,8 |
| 50 | 0,06750 | 54,5 | 22 | 1200 | 9,93 | 10,8 |
| 52 | 0,07020 | 57 | 21,1 | 1200 | 9,53 | 10,8 |
| 54 | 0,07290 | 60 | 20 | 1200 | 9,00 | 10,8 |
| 56 | 0,07560 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 8,67 | 10,8 |
| 58 | 0,07830 | 65 | 18,5 | 1200 | 8,38 | 10,9 |
| 60 | 0,08100 | 67,5 | 17,8 | 1200 | 8.07 | 10.9 |
| 62 | 0,08370 | 70 | 17,2 | 1200 | 7,77 | 10,9 |
| 64 | 0.08640 | 72,5 | 16,6 | 1200 | 7,57 | 11.0 |
| 66 | 0,08910 | 75 | 16 | 1200 | 7,37 | 11,0 |
| 68 | 0,09180 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 7,16 | 11,0 |
| 70 | 0,09450 | 80 | 15 | 1200 | 6,96 | 11,1 |

## M = 600 000.

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 0,03612 | 18,5 | 40 | 740 | 33,9 | 12,5 |
| 30 | 0,03870 | 24,5 | 40 | 980 | 23,2 | 11,4 |
| 32 | 0,04128 | 30 | 40 | 1200 | 17,8 | 10,7 |
| 34 | 0,04386 | 32,5 | 37 | 1200 | 16,5 | 10,7 |
| 36 | 0,04644 | 35 | 34,3 | 1200 | 15,4 | 10,8 |
| 38 | 0,04902 | 37,5 | 32,0 | 1200 | 14,4 | 10,9 |
| 40 | 0,05160 | 40 | 30,0 | 1200 | 13,6 | 10,9 |
| 42 | 0,05418 | 42 | 28,6 | 1200 | 13,2 | 11,1 |
| 44 | 0,05676 | 44,5 | 27,0 | 1200 | 12,4 | 11,1 |
| 46 | 0,05934 | 47 | 25,6 | 1200 | 11,8 | 11,1 |
| 48 | 0,06192 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 11,3 | 11,2 |
| 50 | 0,06450 | 52 | 23,1 | 1200 | 10,7 | 11,2 |
| 52 | 0,06708 | 54,5 | 22,0 | 1200 | 10,2 | 11,2 |
| 54 | 0,06966 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 10,0 | 11,3 |
| 56 | 0,07224 | 59 | 20,4 | 1200 | 9,65 | 11,4 |
| 58 | 0,07482 | 61,5 | 19,5 | 1200 | 9,21 | 11,4 |
| 60 | 0,07740 | 64 | 18,8 | 1200 | 8,88 | 11,4 |
| 62 | 0,07998 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 8,56 | 11,4 |
| 64 | 0,08256 | 69 | 17,4 | 1200 | 8,28 | 11,4 |
| 66 | 0,08514 | 71,5 | 16,8 | 1200 | 8,02 | 11,5 |
| 68 | 0,08772 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 7,84 | 11,5 |
| 70 | 0,09030 | 76 | 15,8 | 1200 | 7,62 | 11,5 |

## M = 650 000.

| h | coëff. | σ | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 0,03472 | 15 | 40 | 600 | 46,6 | 14,0 |
| 30 | 0,03720 | 21 | 40 | 840 | 29,8 | 12,5 |
| 32 | 0,03968 | 26,5 | 40 | 1060 | 21,9 | 11,6 |
| 34 | 0,04216 | 31 | 38,7 | 1200 | 17,8 | 11,1 |
| 36 | 0,04464 | 33,5 | 35,9 | 1200 | 16,6 | 11,1 |
| 38 | 0,04712 | 35,5 | 33,8 | 1200 | 15,9 | 11,3 |
| 40 | 0,04960 | 38 | 31,6 | 1200 | 14,9 | 11,3 |
| 42 | 0,05208 | 40 | 30 | 1200 | 14,3 | 11,5 |
| 44 | 0,05456 | 42,5 | 28,8 | 1200 | 13,6 | 11,5 |
| 46 | 0,05704 | 45 | 26,7 | 1200 | 12,8 | 11,5 |
| 48 | 0,05952 | 47 | 25,6 | 1200 | 12,3 | 11,6 |
| 50 | 0,06200 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 11,8 | 11,6 |
| 52 | 0,06448 | 52 | 23,1 | 1200 | 11,2 | 11,6 |
| 54 | 0,06696 | 54 | 22,3 | 1200 | 10,9 | 11,7 |
| 56 | 0,06944 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 10,3 | 11,8 |
| 58 | 0,07192 | 59 | 20,4 | 1200 | 10,0 | 11,8 |
| 60 | 0,07440 | 61 | 19,7 | 1200 | 9,71 | 11,8 |
| 62 | 0,07688 | 63,5 | 18,9 | 1200 | 9,36 | 11,9 |
| 64 | 0,07936 | 66 | 18,2 | 1200 | 9,01 | 11,9 |
| 66 | 0,08184 | 68 | 17,7 | 1200 | 8,83 | 11,9 |
| 68 | 0,08432 | 70,5 | 17 | 1200 | 8,47 | 11,9 |
| 70 | 0,08680 | 73 | 16,5 | 1200 | 8,11 | 11,9 |
| 72 | 0,08928 | 75 | 16 | 1200 | 8,04 | 12,0 |
| 74 | 0,09176 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 7,80 | 12,0 |

## M = 700 000.

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 0,03570 | 17,5 | 40 | 700 | 39,6 | 13,9 |
| 32 | 0,03808 | 23 | 40 | 920 | 27,4 | 12,6 |
| 34 | 0,04046 | 28,5 | 40 | 1140 | 20,5 | 11,7 |
| 36 | 0,04284 | 31,5 | 38,1 | 1200 | 18,5 | 11,6 |
| 38 | 0,04522 | 34 | 35,3 | 1200 | 17,1 | 11,6 |
| 40 | 0,04760 | 36 | 33,4 | 1200 | 16,4 | 11,8 |
| 42 | 0,04998 | 38,5 | 31,2 | 1200 | 15,3 | 11,8 |
| 44 | 0,05236 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 14,6 | 11,9 |
| 46 | 0,05474 | 42,5 | 28,3 | 1200 | 14,2 | 12,0 |
| 48 | 0,05712 | 45 | 26,7 | 1200 | 13,3 | 12,0 |
| 50 | 0,05950 | 47 | 25,6 | 1200 | 12,8 | 12,1 |
| 52 | 0,06188 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 12,2 | 12,1 |
| 54 | 0,06426 | 51,5 | 23,3 | 1200 | 11,8 | 12,2 |
| 56 | 0,06664 | 54 | 22,3 | 1200 | 11,3 | 12,2 |
| 58 | 0,06902 | 56 | 21,5 | 1200 | 10,9 | 12,3 |
| 60 | 0,07140 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 10,4 | 12,2 |
| 62 | 0,07378 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 10,2 | 12,3 |
| 64 | 0,07616 | 63 | 19,1 | 1200 | 9,74 | 12,3 |
| 66 | 0,07854 | 65 | 18,5 | 1200 | 9,53 | 12,4 |
| 68 | 0,08092 | 67,5 | 17,8 | 1200 | 9,16 | 12,4 |
| 70 | 0,08330 | 69,5 | 17,3 | 1200 | 8,94 | 12,4 |
| 72 | 0,08568 | 71,5 | 16,8 | 1200 | 8,74 | 12,5 |
| 74 | 0,08806 | 74 | 16,2 | 1200 | 8,48 | 12,5 |
| 76 | 0,09044 | 76 | 15,8 | 1200 | 8,27 | 12,5 |
| 78 | 0,09282 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 8,01 | 12,5 |

## M = 750 000.

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | 0,03680 | 20 | 40 | 800 | 34,8 | 13,7 |
| 34 | 0,03910 | 25,5 | 40 | 1020 | 24,6 | 12,6 |
| 36 | 0,04140 | 30 | 40 | 1200 | 20,0 | 12,0 |
| 38 | 0,04370 | 32,5 | 37 | 1200 | 18,5 | 12,0 |
| 40 | 0,04600 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 17,6 | 12,1 |
| 42 | 0,04830 | 36,5 | 32,9 | 1200 | 16,8 | 12,2 |
| 44 | 0,05060 | 39 | 30,8 | 1200 | 15,6 | 12,2 |
| 46 | 0,05290 | 41 | 29,3 | 1200 | 15,0 | 12,3 |
| 48 | 0,05520 | 43 | 27,9 | 1200 | 14,4 | 12,4 |
| 50 | 0,05750 | 45,5 | 26,4 | 1200 | 13,6 | 12,4 |
| 52 | 0,05980 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 13,1 | 12,5 |
| 54 | 0,06210 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 12,7 | 12,6 |
| 56 | 0,06440 | 52 | 23,1 | 1200 | 12,0 | 12,5 |
| 58 | 0,06670 | 54 | 22,3 | 1200 | 11,7 | 12,6 |
| 60 | 0,06900 | 56 | 21,5 | 1200 | 11,3 | 12,7 |
| 62 | 0,07130 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 10,8 | 12,7 |
| 64 | 0,07360 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 10,6 | 12,7 |
| 66 | 0,07590 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 10,2 | 12,8 |
| 68 | 0,07820 | 64,5 | 18,6 | 1200 | 9,88 | 12,8 |
| 70 | 0,08050 | 67 | 17,9 | 1200 | 9,60 | 12,8 |
| 72 | 0,08280 | 69 | 17,4 | 1200 | 9,26 | 12,9 |
| 74 | 0,08510 | 71 | 16,9 | 1200 | 9,04 | 12,9 |
| 76 | 0,08740 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 8,76 | 12,9 |
| 78 | 0,08970 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 8,53 | 12,9 |
| 80 | 0,09200 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 8,33 | 13,0 |

## M = 800 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | 0,03584 | 18 | 40 | 720 | 40,4 | 14,5 |
| 34 | 0,03808 | 23 | 40 | 920 | 29,2 | 13,4 |
| 36 | 0,04032 | 28 | 40 | 1120 | 22,4 | 12,6 |
| 38 | 0,04256 | 31,5 | 38,1 | 1200 | 19,5 | 12,3 |
| 40 | 0,04480 | 33,5 | 35,9 | 1200 | 18,5 | 12,4 |
| 42 | 0,04704 | 35,5 | 33,8 | 1200 | 17,6 | 12,5 |
| 44 | 0,04928 | 37,5 | 32 | 1200 | 16 8 | 12,6 |
| 46 | 0,05152 | 39,5 | 30,4 | 1200 | 16,0 | 12,7 |
| 48 | 0,05376 | 42 | 28,6 | 1200 | 15,0 | 12,6 |
| 50 | 0,05600 | 44 | 27,3 | 1200 | 14,4 | 12,7 |
| 52 | 0,05824 | 46 | 26,1 | 1200 | 13,9 | 12,8 |
| 54 | 0,06048 | 48 | 25 | 1200 | 13,4 | 12,9 |
| 56 | 0,06272 | 50 | 24 | 1200 | 12,9 | 12,9 |
| 58 | 0,06496 | 52,5 | 22,9 | 1200 | 12,3 | 12,9 |
| 60 | 0,06720 | 54,5 | 22 | 1200 | 11,9 | 13,0 |
| 62 | 0,06944 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 11,5 | 13,0 |
| 64 | 0,07168 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 11,2 | 13,1 |
| 66 | 0,07392 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 10,8 | 13,1 |
| 68 | 0,07616 | 63 | 19,1 | 1200 | 10,4 | 13,1 |
| 70 | 0,07840 | 65 | 18,5 | 1200 | 10,1 | 13,1 |
| 72 | 0,08064 | 67 | 17,9 | 1200 | 9,83 | 13,2 |
| 74 | 0,08288 | 69 | 17,4 | 1200 | 9,58 | 13,2 |
| 76 | 0,08512 | 71 | 16,9 | 1200 | 9,34 | 13,3 |
| 78 | 0,08736 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 8,99 | 13,2 |
| 80 | 0,08960 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 8,78 | 13,3 |
| 82 | 0,09184 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 8,58 | 13,3 |
| 84 | 0,09408 | 79,5 | 15,1 | 1200 | 8,39 | 13,3 |

## M = 850 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | 0,03456 | 15 | 40 | 600 | 53,3 | 16,0 |
| 34 | 0,03672 | 20 | 40 | 800 | 36,4 | 14,6 |
| 36 | 0,03888 | 25 | 40 | 1000 | 27,0 | 13,5 |
| 38 | 0,04104 | 30 | 40 | 1200 | 21,1 | 12,7 |
| 40 | 0,04320 | 32 | 37,5 | 1200 | 19,9 | 12,8 |
| 42 | 0,04536 | 34 | 35,3 | 1200 | 18,9 | 12,9 |
| 44 | 0,04752 | 36 | 33,4 | 1200 | 18,0 | 12,9 |
| 46 | 0,04968 | 38 | 31,6 | 1200 | 17,1 | 13,0 |
| 48 | 0,05184 | 40 | 30 | 1200 | 16,4 | 13,1 |
| 50 | 0,05400 | 42 | 28,6 | 1200 | 15,6 | 13,2 |
| 52 | 0,05616 | 44 | 27,3 | 1200 | 15,0 | 13,2 |
| 54 | 0,05832 | 46 | 26,1 | 1200 | 14,4 | 13,3 |
| 56 | 0,06048 | 48 | 25 | 1200 | 13,9 | 13,3 |
| 58 | 0,06264 | 50 | 24 | 1200 | 13,4 | 13,4 |
| 60 | 0,06480 | 52 | 23,1 | 1200 | 12,9 | 13,4 |
| 62 | 0,06696 | 54 | 22,3 | 1200 | 12,5 | 13,5 |
| 64 | 0,06912 | 56 | 21,5 | 1200 | 12,1 | 13,5 |
| 66 | 0,07128 | 58 | 20,7 | 1200 | 11,7 | 13,6 |
| 68 | 0,07344 | 60 | 20 | 1200 | 11,3 | 13,6 |
| 70 | 0,07560 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 10,8 | 13,5 |
| 72 | 0,07776 | 64,5 | 18,6 | 1200 | 10,5 | 13,6 |
| 74 | 0,07992 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 10,2 | 13,6 |
| 76 | 0,08208 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 9,97 | 13,7 |
| 78 | 0,08424 | 70,5 | 17 | 1200 | 9,71 | 13,7 |
| 80 | 0,08640 | 72,5 | 16,6 | 1200 | 9,46 | 13,7 |
| 82 | 0,08856 | 74,5 | 16,1 | 1200 | 9,13 | 13,7 |
| 84 | 0,09072 | 76,5 | 15,7 | 1200 | 9,00 | 13,8 |
| 86 | 0,09288 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 8,79 | 13,8 |

## M = 900 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 34 | 0,0357 | 17,5 | 40 | 700 | 44,8 | 15,7 |
| 36 | 0,0378 | 22,5 | 40 | 900 | 32,0 | 14,4 |
| 38 | 0,0399 | 27 | 40 | 1080 | 25,1 | 13,6 |
| 40 | 0,0420 | 30,5 | 39,4 | 1200 | 21,6 | 13,2 |
| 42 | 0,0441 | 32,5 | 37 | 1200 | 20,4 | 13,3 |
| 44 | 0,0462 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 19,3 | 13,3 |
| 46 | 0,0483 | 36,5 | 32,9 | 1200 | 18,4 | 13,4 |
| 48 | 0,0504 | 38,5 | 31,2 | 1200 | 17,5 | 13,5 |
| 50 | 0,0525 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 16,7 | 13,5 |
| 52 | 0,0546 | 42,5 | 28,3 | 1200 | 16,0 | 13,6 |
| 54 | 0,0567 | 44,5 | 27 | 1200 | 15,3 | 13,6 |
| 56 | 0,0588 | 46,5 | 25,8 | 1200 | 14,7 | 13,7 |
| 58 | 0,0609 | 48,5 | 24,8 | 1200 | 14,1 | 13,7 |
| 60 | 0,0630 | 50,5 | 23,8 | 1200 | 13,6 | 13,7 |
| 62 | 0,0651 | 52,5 | 22,9 | 1200 | 13,1 | 13,8 |
| 64 | 0,0672 | 54,5 | 22 | 1200 | 12,7 | 13,8 |
| 66 | 0,0693 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 12,3 | 13,8 |
| 68 | 0,0714 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 11,9 | 13,9 |
| 70 | 0,0735 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 11,5 | 13,9 |
| 72 | 0,0756 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 11,1 | 13,9 |
| 74 | 0,0777 | 64 | 18,8 | 1200 | 11,0 | 14,1 |
| 76 | 0,0798 | 66 | 18,2 | 1200 | 10,7 | 14,1 |
| 78 | 0,0819 | 68 | 17,7 | 1200 | 10,4 | 14,1 |
| 80 | 0,0840 | 70 | 17,2 | 1200 | 10,1 | 14,1 |
| 82 | 0,0861 | 72 | 16,7 | 1200 | 9,82 | 14,1 |
| 84 | 0,0882 | 74 | 16,2 | 1200 | 9,57 | 14,2 |
| 86 | 0,0903 | 76 | 15,8 | 1200 | 9,33 | 14,2 |
| 88 | 0,0924 | 78 | 15,4 | 1200 | 9,10 | 14,2 |
| 90 | 0,0945 | 80 | 15 | 1200 | 8,88 | 14,2 |

## M = 950 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 34 | 0,034884 | 15,5 | 40 | 620 | 53,9 | 16,7 |
| 36 | 0,036936 | 20 | 40 | 800 | 38,6 | 15,4 |
| 38 | 0,038988 | 25 | 40 | 1000 | 28,5 | 14,2 |
| 40 | 0,041040 | 30 | 40 | 1200 | 22,2 | 13,3 |
| 42 | 0,043092 | 32 | 37,5 | 1200 | 20,9 | 13,4 |
| 44 | 0,045144 | 33,5 | 35,9 | 1200 | 20,3 | 13,6 |
| 46 | 0,047196 | 35,5 | 33,8 | 1200 | 19,2 | 13,7 |
| 48 | 0,049248 | 37,5 | 32 | 1200 | 18,3 | 13,7 |
| 50 | 0,051300 | 39,5 | 30,4 | 1200 | 17,4 | 13,8 |
| 52 | 0,053352 | 41,5 | 29 | 1200 | 16,6 | 13,8 |
| 54 | 0,055404 | 43,5 | 27,6 | 1200 | 15,9 | 13,8 |
| 56 | 0,057456 | 45,5 | 26,4 | 1200 | 15,3 | 13,9 |
| 58 | 0,059508 | 47 | 25,6 | 1200 | 14,9 | 14,0 |
| 60 | 0,061560 | 49 | 24,5 | 1200 | 14,4 | 14,1 |
| 62 | 0,063612 | 51 | 23,5 | 1200 | 13,8 | 14,1 |
| 64 | 0,065664 | 53 | 22,7 | 1200 | 13,3 | 14,1 |
| 66 | 0,067716 | 55 | 21,8 | 1200 | 12,9 | 14,1 |
| 68 | 0,069768 | 57 | 21,1 | 1200 | 12,4 | 14,2 |
| 70 | 0,071820 | 59 | 20,6 | 1200 | 12,0 | 14,2 |
| 72 | 0,073872 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 11,8 | 14,3 |
| 74 | 0,075924 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 11,5 | 14,3 |
| 76 | 0,077976 | 64,5 | 18,6 | 1200 | 11,1 | 14,3 |
| 78 | 0,080028 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 10,8 | 14,4 |
| 80 | 0,082080 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 10,5 | 14,4 |
| 82 | 0,084132 | 70,5 | 17 | 1200 | 10,2 | 14,4 |
| 84 | 0,086184 | 72 | 16,7 | 1200 | 10,1 | 14,5 |
| 86 | 0,088236 | 74 | 16,2 | 1200 | 9,79 | 14,5 |
| 88 | 0,090288 | 76 | 15,8 | 1200 | 9,54 | 14,5 |
| 90 | 0,092340 | 78 | 15,4 | 1200 | 9,31 | 14,5 |
| 92 | 0,094392 | 80 | 15 | 1200 | 9,08 | 14,5 |

## M = 1 000 000.

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | 0 0360 | 18 | 40 | 720 | 45,5 | 16,4 |
| 38 | 0,0380 | 22,5 | 40 | 900 | 33,8 | 15,2 |
| 40 | 0,0400 | 27,5 | 40 | 1100 | 25,7 | 14.1 |
| 42 | 0,0420 | 30,5 | 39,4 | 1200 | 22.7 | 13,8 |
| 44 | 0,0440 | 32.5 | 37 | 1200 | 21,4 | 13.9 |
| 46 | 0,0460 | 34,5 | 34.8 | 1200 | 20,2 | 13,9 |
| 48 | 0,0480 | 36,5 | 32,9 | 1200 | 19,2 | 14,0 |
| 50 | 0,0500 | 38 | 31,6 | 1200 | 18,6 | 14,2 |
| 52 | 0,0520 | 40 | 30 | 1200 | 17,7 | 14,2 |
| 54 | 0,0540 | 42 | 28,6 | 1200 | 16,9 | 14,2 |
| 56 | 0,0560 | 44 | 27,3 | 1200 | 16,2 | 14.2 |
| 58 | 0,0580 | 45,5 | 26,4 | 1200 | 15,8 | 14,4 |
| 60 | 0,0600 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 15,2 | 14,4 |
| 62 | 0,0620 | 49,5 | 24.3 | 1200 | 14,6 | 14,4 |
| 64 | 0,0640 | 51,5 | 23,3 | 1200 | 14,0 | 14,4 |
| 66 | 0,0660 | 53 | 22,7 | 1200 | 13 7 | 14.6 |
| 68 | 0,0680 | 55 | 21,8 | 1200 | 13,2 | 14.6 |
| 70 | 0.0700 | 57 | 21,1 | 1200 | 12,8 | 14,6 |
| 72 | 0,0720 | 59 | 20,4 | 1200 | 12,4 | 14 6 |
| 74 | 0,0740 | 61 | 19,7 | 1200 | 12,0 | 14,6 |
| 76 | 0,0760 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 11,8 | 14 7 |
| 78 | 0,0780 | 64 5 | 18,6 | 1200 | 11.4 | 14,7 |
| 80 | 0,0800 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 11.1 | 14,7 |
| 82 | 0,0820 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 10,8 | 14,7 |
| 84 | 0,0840 | 70 | 17,2 | 1200 | 10,6 | 14,8 |
| 86 | 0,0860 | 72 | 16,7 | 1200 | 10,3 | 14,8 |
| 88 | 0,0880 | 74 | 16,2 | 1200 | 10.0 | 14,8 |
| 90 | 0,0900 | 76 | 15,8 | 1200 | 9,76 | 14,8 |
| 92 | 0,0920 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 9,63 | 14,9 |
| 94 | 0,0940 | 79,5 | 15,1 | 1200 | 9,38 | 14,9 |

## M = 1 100 000.

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 0.03621 | 18,5 | 40 | 740 | 46,0 | 17,0 |
| 40 | 0,03812 | 23 | 40 | 920 | 34,8 | 15,8 |
| 42 | 0,04003 | 27,5 | 40 | 1100 | 27,0 | 14,8 |
| 44 | 0,04193 | 30,5 | 39,4 | 1200 | 23,8 | 14,5 |
| 46 | 0,04384 | 32,5 | 37 | 1200 | 22,3 | 14,5 |
| 48 | 0,04574 | 34 | 35,3 | 1200 | 21,6 | 14,7 |
| 50 | 0,04765 | 36 | 33,4 | 1200 | 20,4 | 14,7 |
| 52 | 0.04956 | 38 | 31,6 | 1200 | 19,4 | 14,7 |
| 54 | 0,05146 | 39,5 | 30.4 | 1200 | 18,8 | 14,9 |
| 56 | 0,05337 | 41,5 | 29 | 1200 | 17,9 | 14,9 |
| 58 | 0,05527 | 43 | 27,9 | 1· 00 | 17,4 | 15,0 |
| 60 | 0,05718 | 45 | 26,7 | 1200 | 16,7 | 15,0 |
| 62 | 0,05909 | 47 | 25 6 | 1200 | 16 0 | 15,0 |
| 64 | 0,06099 | 48,5 | 24,8 | 1200 | 15,6 | 15,1 |
| 66 | 0,06289 | 50,5 | 23.8 | 1200 | 15,0 | 15,1 |
| 68 | 0,06480 | 52 | 23,1 | 1200 | 14 6 | 15,2 |
| 70 | 0,06671 | 54 | 22.3 | 1200 | 14,1 | 15,2 |
| 72 | 0,06862 | 55,5 | 21,6 | 1200 | 13,8 | 15,3 |
| 74 | 0,07052 | 57,5 | 20,9 | 1200 | 13,3 | 15,3 |
| 76 | 0 07243 | 59,5 | 20 2 | 1200 | 12,9 | 15,3 |
| 78 | 0,07433 | 61 | 19,7 | 1200 | 12,6 | 15,4 |
| 80 | 0,07624 | 63 | 19.1 | 1200 | 12,2 | 15,4 |
| 82 | 0,07815 | 64,5 | 18.6 | 1200 | 12,0 | 15,5 |
| 84 | 0,08005 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 11,6 | 15,5 |
| 86 | 0,08196 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 11,3 | 15,4 |
| 88 | 0,08386 | 70 | 17,2 | 1200 | 11,1 | 15,5 |
| 90 | 0,08577 | 72 | 16.7 | 1200 | 10,8 | 15,5 |
| 92 | 0,08768 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 10,6 | 15,6 |
| 94 | 0,08958 | 75.5 | 15,9 | 1200 | 10,3 | 15,6 |
| 96 | 0,09149 | 77 | 15,6 | 1200 | 10,2 | 15,7 |
| 98 | 0,09339 | 79 | 15,2 | 1200 | 9,90 | 15,6 |

## M = 1 200 000.

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 0,03469 | 15 | 40 | 600 | 63,3 | 19,0 |
| 40 | 0,03652 | 19 5 | 40 | 780 | 44,6 | 17,4 |
| 42 | 0,03835 | 23,5 | 41 | 940 | 34,8 | 16,4 |
| 44 | 0,04017 | 28 | 40 | 1120 | 27,4 | 15,3 |
| 46 | 0,04200 | 30,5 | 39,4 | 1200 | 24,9 | 15,2 |
| 48 | 0,04383 | 32,5 | 37 | 1200 | 23,3 | 15,2 |
| 50 | 0,04565 | 34 | 35,3 | 1200 | 22,5 | 15,3 |
| 52 | 0,04748 | 36 | 33,4 | 1200 | 21,2 | 15,3 |
| 54 | 0,04930 | 37,5 | 32 | 1200 | 20.6 | 15,4 |
| 56 | 0,05113 | 39,5 | 30,4 | 1200 | 19,5 | 15,4 |
| 58 | 0.05295 | 41 | 29,3 | 1200 | 18,9 | 15,5 |
| 60 | 0,05478 | 42,5 | 28,3 | 1200 | 18,4 | 15,7 |
| 62 | 0,05661 | 44,5 | 27 | 1200 | 17,6 | 15,6 |
| 64 | 0,05843 | 46 | 26,1 | 1200 | 17.1 | 15,7 |
| 66 | 0 06026 | 48 | 25 | 1200 | 16,4 | 15,7 |
| 68 | 0,06208 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 16,0 | 15,8 |
| 70 | 0 06391 | 51,5 | 23,3 | 1200 | 15,3 | 15,8 |
| 72 | 0 06574 | 53 | 22.7 | 1200 | 15,0 | 15,9 |
| 74 | 0.06756 | 54,5 | 22 | 1200 | 14,7 | 16,0 |
| 76 | 0 06939 | 56,5 | 21.3 | 1200 | 14,1 | 15,9 |
| 78 | 0,07121 | 58 | 20,7 | 1200 | 13,8 | 16,0 |
| 80 | 0,07304 | 60 | 20 | 1200 | 13,3 | 16,0 |
| 82 | 0 07487 | 61,5 | 19,5 | 1200 | 13,1 | 16,1 |
| 84 | 0,07669 | 63,5 | 18,9 | 1200 | 12,6 | 16,1 |

## M = 1 300 000.

| h | coëff. | α | σb | σe | fe | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 0,03508 | 16 | 40 | 640 | 60,5 | 19,4 |
| 42 | 0,03683 | 20 | 40 | 800 | 45,0 | 18,0 |
| 44 | 0,03859 | 24 | 40 | 960 | 35,3 | 16,9 |
| 46 | 0,04034 | 28 | 40 | 1120 | 28,7 | 16 0 |
| 48 | 0,04210 | 31 | 38,7 | 1200 | 25,2 | 15,7 |
| 50 | 0,04385 | 32.5 | 37 | 1200 | 24,3 | 15,8 |
| 52 | 0 04560 | 34 | 35,3 | 1200 | 23.4 | 15,9 |
| 54 | 0.04736 | 36 | 33,4 | 1200 | 22,1 | 15,9 |
| 56 | 0,04911 | 37,5 | 32 | 1200 | 21,3 | 16,0 |
| 58 | 0,05087 | 39 | 30,8 | 1200 | 20,7 | 16,1 |
| 60 | 0,05262 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 20,0 | 16,2 |
| 62 | 0,05437 | 42,5 | 28,3 | 1200 | 19,0 | 16,2 |
| 64 | 0,05614 | 44 | 27,3 | 1200 | 18,5 | 16,3 |
| 66 | 0,05788 | 45,5 | 26,4 | 1200 | 18,0 | 16,4 |
| 68 | 0,05964 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 17,2 | 16,3 |
| 70 | 0,06139 | 49 | 24,5 | 1200 | 16,7 | 16,4 |
| 72 | 0,06314 | 50,5 | 23,8 | 1200 | 16,3 | 16,5 |
| 74 | 0,06490 | 52 | 23,1 | 1200 | 15,9 | 16 6 |
| 76 | 0,06665 | 54 | 22,3 | 1200 | 15,3 | 16,5 |
| 78 | 0,06841 | 55,5 | 21,6 | 1200 | 15,0 | 16,6 |
| 80 | 0,07016 | 57 | 21,1 | 1200 | 14,6 | 16,7 |
| 82 | 0 07191 | 59 | 20,4 | 1200 | 14,1 | 16,6 |
| 84 | 0,07367 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 13,8 | 16,7 |
| 86 | 0,07542 | 62 | 19,4 | 1200 | 13,5 | 16,8 |

### M = 1 200 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 86 | 0,07852 | 65 | 18,5 | 1200 | 12,4 | 16,1 |
| 88 | 0,08034 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 12,2 | 16,2 |
| 90 | 0 08217 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 11,8 | 16,2 |
| 92 | 0,08400 | 70 | 17,2 | 1200 | 11.6 | 16,2 |
| 94 | 0,08582 | 72 | 16,7 | 1200 | 11,3 | 16,2 |
| 96 | 0,08765 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 11,1 | 16,3 |
| 98 | 0,08957 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 10,8 | 16,2 |
| 100 | 0,09130 | 77 | 15,6 | 1200 | 10,6 | 16,3 |
| 102 | 0,09318 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 10,4 | 16,4 |

### M = 1 300 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 88 | 0,07718 | 64 | 18,8 | 1200 | 13,1 | 16,7 |
| 90 | 0,07893 | 65,5 | 18,3 | 1200 | 12,8 | 16,8 |
| 92 | 0.08068 | 67 | 17,9 | 1200 | 12,6 | 16.8 |
| 94 | 0.08244 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 12,3 | 16,9 |
| 96 | 0,08419 | 70,5 | 17 | 1200 | 11,9 | 16,8 |
| 98 | 0,08595 | 72 | 16,7 | 1200 | 11,7 | 16,9 |
| 100 | 0,08770 | 73,5 | 16,3 | 1200 | 11,5 | 16,9 |
| 102 | 0,08945 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 11,2 | 16,9 |
| 104 | 0,09121 | 77 | 15,6 | 1200 | 11,0 | 17,0 |
| 106 | 0,09296 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 10,8 | 17,0 |

### M = 1 400 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 42 | 0,03549 | 17 | 40 | 680 | 57.9 | 19,7 |
| 44 | 0,03718 | 21 | 40 | 840 | 43,7 | 18,3 |
| 46 | 0,03887 | 25 | 40 | 1000 | 34,5 | 17,3 |
| 48 | 0,04056 | 28 5 | 40 | 1140 | 29,0 | 16,6 |
| 50 | 0,04225 | 31 | 38,7 | 1200 | 26,3 | 16,3 |
| 52 | 0,04394 | 32,5 | 37 | 1200 | 25,3 | 16,4 |
| 54 | 0,04563 | 34 | 35,3 | 1200 | 24,3 | 16.5 |
| 56 | 0.04732 | 35,5 | 33,8 | 1200 | 23,4 | 16,6 |
| 58 | 0,04901 | 37,5 | 32 | 1200 | 22,1 | 16,6 |
| 60 | 0,05070 | 39 | 30,8 | 1200 | 21,4 | 16,7 |
| 62 | 0 05239 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 20,7 | 16,8 |
| 64 | 0,05408 | 42 | 28,6 | 1200 | 20,1 | 16,8 |
| 66 | 0,05577 | 43,5 | 27,6 | 1200 | 19,5 | 16,9 |
| 68 | 0,05746 | 45,5 | 26,4 | 1200 | 18,5 | 16,9 |
| 70 | 0,05915 | 47 | 25,6 | 1200 | 18,0 | 16,9 |
| 72 | 0,06084 | 48,5 | 24,8 | 1200 | 17,5 | 17,0 |
| 74 | 0,06253 | 50 | 24 | 1200 | 17,1 | 17,1 |
| 76 | 0,06422 | 51,5 | 23,3 | 1200 | 16,6 | 17,1 |
| 78 | 0,06591 | 53 | 22,7 | 1200 | 16,2 | 17,2 |
| 80 | 0,06760 | 54,5 | 22 | 1200 | 15,8 | 17,2 |
| 82 | 0,06929 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 15,2 | 17,2 |
| 84 | 0,07098 | 58 | 20,7 | 1200 | 14,9 | 17,3 |
| 86 | 0,07267 | 59,5 | 20,2 | 1200 | 14,6 | 17,3 |
| 88 | 0,07436 | 61 | 19,7 | 1200 | 14,2 | 17,4 |
| 90 | 0 07605 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 13,9 | 17,4 |
| 92 | 0,07774 | 64,5 | 18,6 | 1200 | 13,5 | 17,4 |
| 94 | 0,07943 | 66 | 18 2 | 1200 | 13,2 | 17,4 |
| 96 | 0,08112 | 67,5 | 17,8 | 1200 | 12,9 | 17,5 |
| 98 | 0,08281 | 69 | 17,4 | 1200 | 12,7 | 17,5 |
| 100 | 0,08450 | 70,5 | 17 | 1200 | 12,4 | 17,5 |
| 102 | 0,08619 | 72 | 16,7 | 1200 | 12,2 | 17,6 |
| 104 | 0,08788 | 74 | 16,2 | 1200 | 11,8 | 17,5 |
| 106 | 0,08957 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 11,6 | 17,6 |
| 108 | 0,09126 | 77 | 15,6 | 1200 | 11,4 | 17.6 |
| 110 | 0,09295 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 11,2 | 17,6 |

### M = 1 500 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44 | 0,03590 | 18 | 40 | 720 | 55,6 | 20,0 |
| 46 | 0,03754 | 22 | 40 | 880 | 42,4 | 18,6 |
| 48 | 0,03917 | 25,5 | 40 | 1020 | 34,9 | 17,8 |
| 50 | 0,04080 | 29 | 40 | 1160 | 29,4 | 17,0 |
| 52 | 0,04243 | 31 | 38,7 | 1200 | 27,4 | 17,0 |
| 54 | 0,04406 | 32,5 | 37 | 1200 | 26,2 | 17,1 |
| 56 | 0,04570 | 34 | 35,3 | 1200 | 25,2 | 17.1 |
| 58 | 0,04733 | 35,5 | 33,8 | 1200 | 24,3 | 17,2 |
| 60 | 0,04896 | 37,5 | 32 | 1200 | 22,9 | 17,1 |
| 62 | 0,05059 | 39 | 30,8 | 1200 | 22,1 | 17,2 |
| 64 | 0,05222 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 21,4 | 17,3 |
| 66 | 0,05387 | 42 | 28,6 | 1200 | 20,7 | 17,4 |
| 68 | 0,05549 | 43,5 | 27,6 | 1200 | 20,0 | 17,4 |
| 70 | 0,05712 | 45 | 26,7 | 1200 | 19,4 | 17,5 |
| 72 | 0,05875 | 46,5 | 25,8 | 1200 | 18,9 | 17,6 |
| 74 | 0,06038 | 48 | 25 | 1200 | 18,5 | 17,6 |
| 76 | 0.06202 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 17,9 | 17,7 |
| 78 | 0,06365 | 51 | 23,5 | 1200 | 17,4 | 17,7 |
| 80 | 0,06528 | 52,5 | 22,9 | 1200 | 16,9 | 17.8 |
| 82 | 0,06691 | 54 | 22,3 | 1200 | 16,5 | 17,8 |
| 84 | 0,06854 | 55,5 | 21,6 | 1200 | 16,1 | 17,9 |
| 86 | 0,07018 | 57 | 21,1 | 1200 | 15,7 | 17,9 |
| 88 | 0,07181 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 15,4 | 18,0 |
| 90 | 0,07344 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 14,8 | 17,9 |
| 92 | 0,07507 | 62 | 19,4 | 1200 | 14,5 | 17,9 |
| 94 | 0,07670 | 63,5 | 18,9 | 1200 | 14,1 | 18,0 |
| 96 | 0,07834 | 65 | 18,5 | 1200 | 13,8 | 18,0 |
| 98 | 0,07997 | 66,5 | 18,1 | 1200 | 13,6 | 18,0 |
| 100 | 0,08160 | 68 | 17,7 | 1200 | 13,3 | 18,1 |
| 102 | 0,08323 | 69,5 | 17,3 | 1200 | 13,0 | 18.1 |
| 104 | 0,08486 | 71 | 16,9 | 1200 | 12,8 | 18,1 |
| 106 | 0,08650 | 72,5 | 16,6 | 1200 | 12,5 | 18,2 |
| 108 | 0 08813 | 74 | 16,2 | 1200 | 12,3 | 18,2 |
| 110 | 0,08976 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 12,1 | 18,2 |
| 112 | 0,09139 | 77 | 15,6 | 1200 | 11,9 | 18,3 |
| 114 | 0,09302 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 11,6 | 18,3 |

## M = 1 600 000.

| h | coëff. | α | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44 | 0,03476 | 15,5 | 40 | 620 | 69,8 | 21,6 |
| 46 | 0,03634 | 19 | 40 | 760 | 53,4 | 20,3 |
| 48 | 0,03792 | 22,5 | 40 | 900 | 42,7 | 19,2 |
| 50 | 0,03950 | 26 | 40 | 1040 | 35,2 | 18,3 |
| 52 | 0,04108 | 30 | 40 | 1200 | 28,9 | 17,3 |
| 54 | 0,04266 | 31,5 | 38,1 | 1200 | 27,6 | 17,4 |
| 56 | 0,04424 | 33 | 36,4 | 1200 | 26,5 | 17,5 |
| 58 | 0,04582 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 25,5 | 17,6 |
| 60 | 0,04740 | 36 | 33,4 | 1200 | 24,5 | 17,6 |
| 62 | 0,04908 | 37,5 | 32 | 1200 | 23,6 | 17,7 |
| 64 | 0,05056 | 39 | 30,8 | 1200 | 22,8 | 17.8 |
| 66 | 0,05214 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 22.0 | 17,8 |
| 68 | 0,05372 | 41,5 | 29 | 1200 | 21,8 | 18,1 |
| 70 | 0,05530 | 43 | 27,9 | 1200 | 21,1 | 18,1 |
| 72 | 0,05688 | 44,5 | 27 | 1200 | 20,4 | 18,2 |
| 74 | 0,05846 | 46 | 26,1 | 1200 | 19,8 | 18,2 |
| 76 | 0,06004 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 19 2 | 18,2 |
| 78 | 0,06162 | 49 | 24,5 | 1200 | 18,7 | 18,3 |
| 80 | 0,06320 | 50,5 | 23 8 | 1200 | 18,1 | 18,3 |
| 82 | 0,06478 | 52 | 23,1 | 1200 | 17,7 | 18,4 |
| 84 | 0,06636 | 53,5 | 22,5 | 1200 | 17,2 | 18,4 |
| 86 | 0,06794 | 55 | 21,8 | 1200 | 16,8 | 18,4 |
| 88 | 0,06952 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 16,3 | 18,5 |
| 90 | 0,07110 | 58 | 20,7 | 1200 | 15.9 | 18,5 |
| 92 | 0,07268 | 59 5 | 20,2 | 1200 | 15,6 | 18,5 |
| 94 | 0,07426 | 61 | 19,7 | 1200 | 15,2 | 18,6 |
| 96 | 0,07584 | 62,5 | 19,2 | 1200 | 14,9 | 18,6 |
| 98 | 0.07742 | 64 | 18,8 | 1200 | 14,5 | 18,6 |
| 100 | 0,07900 | 65,5 | 18,3 | 1200 | 14,2 | 18,6 |
| 102 | 0,08058 | 67 | 17,9 | 1200 | 13,9 | 18,7 |
| 104 | 0,08216 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 13,6 | 18,7 |
| 106 | 0,08374 | 70 | 17,2 | 1200 | 13,4 | 18,7 |
| 108 | 0,08532 | 71,5 | 16,8 | 1200 | 13,1 | 18,7 |
| 110 | 0,08690 | 73 | 16,5 | 1200 | 12,8 | 18,8 |
| 112 | 0,08848 | 74,5 | 16,1 | 1200 | 12,6 | 18,8 |
| 114 | 0,09006 | 76 | 15,8 | 1200 | 12,4 | 18,8 |
| 116 | 0,09164 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 12,1 | 18,8 |
| 118 | 0,09322 | 79 | 15,2 | 1200 | 11,9 | 18,8 |

## M = 1 700 000.

| h | coëff. | α | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 46 | 0,03528 | 16,5 | 40 | 660 | 66,4 | 21,9 |
| 50 | 0,03835 | 23,5 | 40 | 940 | 41,4 | 19,5 |
| 55 | 0,04219 | 31 | 38,7 | 1200 | 28,9 | 17,9 |
| 60 | 0,04602 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 26,4 | 18,2 |
| 65 | 0,04986 | 38 | 31,6 | 1200 | 24,2 | 18,4 |
| 70 | 0,05369 | 41,5 | 29 | 1200 | 22,4 | 18,6 |
| 75 | 0,05753 | 45 5 | 26,4 | 1200 | 20,4 | 18,6 |
| 80 | 0,06136 | 49 | 24,5 | 1200 | 19,1 | 18,8 |
| 85 | 0,06520 | 52,5 | 22,9 | 1200 | 18,0 | 18,9 |
| 90 | 0,06903 | 56 | 21,5 | 1200 | 17,0 | 19,0 |
| 95 | 0,07287 | 59,5 | 20,2 | 1200 | 16,1 | 19,1 |
| 100 | 0,07670 | 63,5 | 18,9 | 1200 | 15,0 | 19.1 |
| 105 | 0,08054 | 67 | 17,9 | 1200 | 14,3 | 19,2 |
| 110 | 0,08437 | 70,5 | 17 | 1200 | 13,7 | 19,3 |
| 115 | 0,08821 | 74 | 16,2 | 1200 | 13,1 | 19,4 |
| 120 | 0,09204 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 12,6 | 19,5 |

## M = 1 800 000.

| h | coëff. | α | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 0,037250 | 21 | 40 | 840 | 49,6 | 20,8 |
| 55 | 0,040975 | 29,5 | 40 | 1180 | 31,4 | 18,5 |
| 60 | 0,044700 | 33,5 | 35,9 | 1200 | 27,7 | 18,6 |
| 65 | 0,048425 | 37 | 32,5 | 1200 | 25,3 | 18,8 |
| 70 | 0,052150 | 40,5 | 29,6 | 1200 | 23,4 | 18,9 |
| 75 | 0,055875 | 44 | 27,3 | 1200 | 21,7 | 19,1 |
| 80 | 0,059600 | 47,5 | 25,6 | 1200 | 20,2 | 19,2 |
| 85 | 0,063325 | 51 | 23,8 | 1200 | 18,9 | 19,3 |
| 90 | 0,067050 | 54,5 | 22 | 1200 | 17,8 | 19,4 |
| 95 | 0,070775 | 58 | 20,7 | 1200 | 16,8 | 19,5 |
| 100 | 0,074500 | 61,5 | 19,7 | 1200 | 16,0 | 19,7 |
| 105 | 0,078225 | 65 | 18,6 | 1200 | 15,1 | 19,7 |
| 110 | 0,081950 | 68,5 | 17,5 | 1200 | 14,4 | 19,8 |
| 115 | 0,085675 | 71,5 | 16 8 | 1200 | 13,9 | 19,9 |
| 120 | 0,089400 | 75 | 16 | 1200 | 13,3 | 20,0 |
| 125 | 0,093125 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 12,8 | 20,1 |

## M = 1 900 000.

| h | coëff. | α | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 48 | 0,034800 | 15,5 | 40 | 620 | 76,2 | 23,6 |
| 50 | 0,036250 | 19 | 40 | 760 | 58,1 | 22,1 |
| 55 | 0,039875 | 27 | 40 | 1080 | 36,4 | 19,6 |
| 60 | 0,043500 | 32 | 37,5 | 1200 | 29,9 | 19,1 |
| 65 | 0,047125 | 35,5 | 33,8 | 1200 | 27,2 | 19,3 |
| 70 | 0,050750 | 39 | 30,8 | 1200 | 24,9 | 19,4 |
| 75 | 0,054375 | 42,5 | 28,3 | 1200 | 23,0 | 19,6 |
| 80 | 0,058000 | 45,5 | 26,4 | 1200 | 21,8 | 19,8 |
| 85 | 0,061625 | 49 | 24,5 | 1200 | 20,3 | 19,9 |
| 90 | 0,065250 | 52.5 | 22,9 | 1200 | 19.0 | 20,0 |
| 95 | 0,068875 | 56 | 21,5 | 1200 | 17,9 | 20,1 |
| 100 | 0,072500 | 59,5 | 20,2 | 1200 | 16,9 | 20,1 |
| 105 | 0,076125 | 63 | 19,1 | 1200 | 16,0 | 20,2 |
| 110 | 0,079750 | 66 | 18,2 | 1200 | 15,4 | 20,4 |
| 115 | 0,083375 | 69,5 | 17,3 | 1200 | 14,7 | 20,4 |
| 120 | 0,087000 | 73 | 16,5 | 1200 | 14,0 | 20,5 |
| 125 | 0,090625 | 76,5 | 15,7 | 1200 | 13.4 | 20,5 |
| 130 | 0,094250 | 80 | 15 | 1200 | 12,8 | 20,5 |

## M = 2 000 000.

| h | coëff. | α | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 0,03540 | 17 | 40 | 680 | 68,9 | 23,4 |
| 55 | 0,03894 | 25 | 40 | 1000 | 41,3 | 20,6 |
| 60 | 0,04248 | 31 | 38,7 | 1200 | 31,6 | 19,6 |
| 65 | 0,04602 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 28,5 | 19,7 |
| 70 | 0,04956 | 38 | 31 6 | 1200 | 26,1 | 19,8 |
| 75 | 0,05310 | 41 | 29,3 | 1200 | 24,5 | 20,1 |
| 80 | 0,05664 | 44,5 | 27 | 1200 | 22,7 | 20,2 |
| 85 | 0,06018 | 48 | 25 | 1200 | 21,1 | 20,2 |
| 90 | 0,06372 | 51 | 23,5 | 1200 | 20,1 | 20,5 |
| 95 | 0,06726 | 54 5 | 22 | 1200 | 18,8 | 20,5 |
| 100 | 0,07080 | 58 | 20,7 | 1200 | 17,7 | 20,5 |
| 105 | 0,07434 | 61 | 19,7 | 1200 | 17,0 | 20,7 |
| 110 | 0,07788 | 64,5 | 18,6 | 1200 | 16,1 | 20,8 |
| 115 | 0,08142 | 67,5 | 17,8 | 1200 | 15,5 | 20,9 |
| 120 | 0,08496 | 71 | 16,9 | 1200 | 14,7 | 20,9 |
| 125 | 0,08850 | 74,5 | 16,1 | 1200 | 14,1 | 21,0 |
| 130 | 0,09204 | 77,5 | 15,5 | 1200 | 13,6 | 21,1 |

## M = 2 200 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 52 | 0,03489 | 15,5 | 40 | 620 | 82,5 | 25,6 |
| 55 | 0,03691 | 20 | 40 | 800 | 58,9 | 23,6 |
| 60 | 0,04026 | 28 | 40 | 1120 | 37,4 | 20,9 |
| 65 | 0,04362 | 32,5 | 37 | 1200 | 31,6 | 20,5 |
| 70 | 0,04697 | 35,5 | 33,8 | 1200 | 29,3 | 20,8 |
| 75 | 0,05033 | 38 5 | 31,2 | 1200 | 27,3 | 21,0 |
| 80 | 0,05368 | 41,5 | 29 | 1200 | 25,6 | 21.2 |
| 85 | 0,05704 | 45 | 26,7 | 1200 | 23,6 | 21,3 |
| 90 | 0,06039 | 48 | 25 | 1200 | 22,3 | 21,4 |
| 95 | 0,06375 | 51 | 23,5 | 1200 | 21,2 | 21,6 |
| 100 | 0,06710 | 54,5 | 22 | 1200 | 19,8 | 21,6 |
| 105 | 0,07046 | 57,5 | 20,9 | 1200 | 18,9 | 21,7 |
| 110 | 0,07381 | 60,5 | 19,9 | 1200 | 18,1 | 21,9 |
| 115 | 0,07717 | 64 | 18,8 | 1200 | 17,1 | 21,8 |
| 120 | 0,08052 | 67 | 17,9 | 1200 | 16,4 | 22,0 |
| 125 | 0,08388 | 70 | 17,2 | 1200 | 15,8 | 22,1 |
| 130 | 0,08723 | 73 | 16 5 | 1200 | 15,2 | 22,2 |
| 135 | 0,09059 | 76,5 | 15,7 | 1200 | 14,5 | 22,1 |
| 140 | 0,09394 | 79,5 | 15,1 | 1200 | 14,0 | 22,2 |

## M = 2 400 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 54 | 0,03483 | 15,5 | 40 | 620 | 85,8 | 26,6 |
| 55 | 0,03548 | 17 | 40 | 680 | 75,8 | 25,8 |
| 60 | 0,03870 | 24,5 | 40 | 980 | 46,5 | 22,8 |
| 65 | 0,04193 | 30,5 | 39,4 | 1200 | 35,2 | 21,4 |
| 70 | 0,04515 | 33,5 | 35,9 | 1200 | 32,3 | 21,7 |
| 75 | 0,04838 | 36,5 | 32,9 | 1200 | 29,9 | 21,8 |
| 80 | 0,05160 | 40 | 30 | 1200 | 27,3 | 21,8 |
| 85 | 0,05483 | 43 | 27,9 | 1200 | 25,5 | 22,0 |
| 90 | 0,05805 | 46 | 26,1 | 1200 | 24,1 | 22,1 |
| 95 | 0,06128 | 49 | 24,5 | 1200 | 22,7 | 22,3 |
| 100 | 0,06450 | 52 | 23,1 | 1200 | 21,5 | 22,4 |
| 105 | 0,06773 | 55 | 21 8 | 1200 | 20,5 | 22,5 |
| 110 | 0,07095 | 58 | 20,7 | 1200 | 19,4 | 22,6 |
| 115 | 0,07418 | 61 | 19,7 | 1200 | 18,6 | 22,7 |
| 120 | 0,07740 | 64 | 18,8 | 1200 | 17,8 | 22,8 |
| 125 | 0,08063 | 67 | 17,9 | 1200 | 17,2 | 22,9 |
| 130 | 0,08385 | 70 | 17,2 | 1200 | 16,3 | 22,9 |
| 135 | 0,08708 | 73 | 16,5 | 1200 | 15,7 | 23,0 |
| 140 | 0,09030 | 76 | 15,8 | 1200 | 15,2 | 23,1 |
| 145 | 0,09353 | 79 | 15,2 | 1200 | 14,6 | 23,1 |

## M = 2 600 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 56 | 0,03472 | 15 | 40 | 600 | 93,2 | 28,0 |
| 60 | 0,03720 | 21 | 40 | 840 | 59,5 | 25,0 |
| 65 | 0,04030 | 28 | 40 | 1120 | 40,6 | 22,7 |
| 70 | 0,04340 | 32 | 37,5 | 1200 | 34,9 | 22,3 |
| 75 | 0,04650 | 35 | 34,3 | 1200 | 32,2 | 22,5 |
| 80 | 0,04960 | 38 | 31,6 | 1200 | 29,9 | 22,6 |
| 85 | 0,05270 | 41 | 29,3 | 1200 | 27,8 | 22,8 |
| 90 | 0,05580 | 43,5 | 27,6 | 1200 | 26,5 | 23,1 |
| 95 | 0,05890 | 46,5 | 25,8 | 1200 | 25,0 | 23,2 |
| 100 | 0,06200 | 49,5 | 24,3 | 1200 | 23,5 | 23,3 |
| 105 | 0,06510 | 52,5 | 22,9 | 1200 | 22,2 | 23,3 |
| 110 | 0,06820 | 55,5 | 21,6 | 1200 | 21,1 | 23,4 |
| 115 | 0,07130 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 20,2 | 23,4 |
| 120 | 0,07440 | 61 | 19,7 | 1200 | 19,4 | 23,7 |
| 125 | 0,07750 | 64 | 18,8 | 1200 | 18,5 | 23,7 |
| 130 | 0,08060 | 67 | 17,9 | 1200 | 17,8 | 23,8 |
| 135 | 0,08370 | 70 | 17,2 | 1200 | 16,9 | 23,8 |
| 140 | 0,08680 | 73 | 16,5 | 1200 | 16,2 | 23,9 |
| 145 | 0,08990 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 15,9 | 24,0 |
| 150 | 0,09300 | 78,5 | 15,3 | 1200 | 15,4 | 24,1 |

## M = 2 800 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 58 | 0,03468 | 15 | 40 | 600 | 96,6 | 29,0 |
| 60 | 0,03588 | 18 | 40 | 720 | 75,8 | 27,8 |
| 65 | 0,03887 | 25 | 40 | 1000 | 48,8 | 24,4 |
| 70 | 0,04186 | 30,5 | 39,4 | 1200 | 37,9 | 23,1 |
| 75 | 0,04485 | 33,5 | 35,9 | 1200 | 34,6 | 23,2 |
| 80 | 0,04784 | 36,5 | 32,9 | 1200 | 31,9 | 23,3 |
| 85 | 0,05083 | 39 | 30,8 | 1200 | 30,2 | 23,6 |
| 90 | 0,05382 | 42 | 28,6 | 1200 | 28,2 | 23,7 |
| 95 | 0,05681 | 44,5 | 27 | 1200 | 26,8 | 24,0 |
| 100 | 0,05980 | 47,5 | 25,3 | 1200 | 25,2 | 24,0 |
| 105 | 0,06279 | 50,5 | 23,8 | 1200 | 23,8 | 24,1 |
| 110 | 0,06578 | 53 | 22,7 | 1200 | 22,8 | 24,3 |
| 115 | 0,06877 | 56 | 21,5 | 1200 | 21,6 | 24,3 |
| 120 | 0,07176 | 58,5 | 20,6 | 1200 | 20,8 | 24,5 |
| 125 | 0,07475 | 61,5 | 19,5 | 1200 | 19,9 | 24,5 |
| 130 | 0,07774 | 64,5 | 18,6 | 1200 | 19,1 | 24,5 |
| 135 | 0,08073 | 67 | 17,9 | 1200 | 18,5 | 24,7 |
| 140 | 0,08372 | 70 | 17,2 | 1200 | 17,5 | 24,7 |
| 145 | 0,08671 | 72,5 | 16,6 | 1200 | 17,2 | 24,9 |
| 150 | 0,08970 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 16,4 | 24,9 |

## M = 3 000 000.

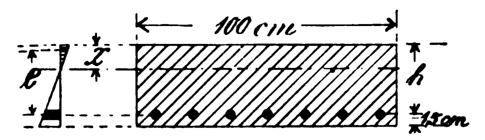
| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 | 0,03462 | 15 | 40 | 600 | 99,9 | 30,0 |
| 65 | 0,03751 | 21,5 | 40 | 860 | 62,2 | 26,7 |
| 70 | 0 04039 | 28,5 | 40 | 1140 | 42,2 | 24,1 |
| 75 | 0,04328 | 32 | 37,5 | 1200 | 37,4 | 23,9 |
| 80 | 0,04616 | 34,5 | 34,8 | 1200 | 35,2 | 24,2 |
| 85 | 0,04905 | 37,5 | 32 | 1200 | 32,3 | 24,3 |
| 90 | 0,05193 | 40 | 30 | 1200 | 30,7 | 24,6 |
| 95 | 0,05482 | 43 | 27,9 | 1200 | 28,4 | 24,5 |
| 100 | 0,05770 | 45,5 | 26,4 | 1200 | 27,3 | 24,8 |
| 105 | 0,06059 | 48 | 25 | 1200 | 26,0 | 25,0 |
| 110 | 0,06347 | 51 | 23,5 | 1200 | 24,4 | 25,0 |

## M = 3 000 000.

| h | coëff. | $\alpha$ | $\sigma_b$ | $\sigma_e$ | $f_e$ | x |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 115 | 0,06636 | 53,5 | 22,5 | 1200 | 23,5 | 25,2 |
| 120 | 0,06924 | 56,5 | 21,3 | 1200 | 22,2 | 25,2 |
| 125 | 0,07213 | 59 | 20,4 | 1200 | 21,5 | 25,3 |
| 130 | 0,07501 | 61,5 | 19,5 | 1200 | 20.7 | 25,5 |
| 135 | 0,07790 | 64,5 | 18,6 | 1200 | 19,9 | 25,5 |
| 140 | 0,08078 | 67 | 17,9 | 1200 | 19,2 | 25,6 |
| 145 | 0,08367 | 70 | 17,2 | 1200 | 18,2 | 25,6 |
| 150 | 0,08655 | 72,5 | 16,6 | 1200 | 17,7 | 25,7 |
| 155 | 0,08944 | 75,5 | 15,9 | 1200 | 17.0 | 25,7 |
| 160 | 0,09232 | 78 | 15,4 | 1200 | 16,5 | 25,8 |

## 2. Platten-Tabelle

für $\sigma_b = 40$ und $\sigma_e = 1200$.




| Moment in cm/kg | h cm | x cm | e cm | $f_e$ qcm | Gewicht per lfdm in kg | Moment in cm/kg | h cm | x cm | e cm | $f_e$ qcm | Gewicht per lfdm. in kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15000 | 5,025 | 1,675 | 4,47 | 2,79 | 156,6 | 135000 | 15,10 | 5,03 | 13,41 | 8,38 | 398,4 |
| 16000 | 5,19 | 1,73 | 4,62 | 2,88 | 160,6 | 140000 | 15,38 | 5,13 | 13,66 | 8,53 | 405,1 |
| 17000 | 5,35 | 1,78 | 4,76 | 2,97 | 164,4 | 145000 | 15,65 | 5,22 | 13,90 | 8,69 | 411,6 |
| 18000 | 5,50 | 1,83 | 4,89 | 3,06 | 168,0 | 150000 | 15,92 | 5,31 | 14,13 | 8,84 | 418,1 |
| 19000 | 5,66 | 1,89 | 5,03 | 3,14 | 171,8 | 155000 | 16,18 | 5,39 | 14,37 | 8,98 | 424,3 |
| 20000 | 5,81 | 1,94 | 5,16 | 3,22 | 175,2 | 160000 | 16,44 | 5,48 | 14,60 | 9,12 | 430,6 |
| 21000 | 5,95 | 1,98 | 5,29 | 3,30 | 178,8 | 165000 | 16,70 | 5,57 | 14,82 | 9,26 | 436,8 |
| 22000 | 6,09 | 2,03 | 5,41 | 3,38 | 182,2 | 170000 | 16,95 | 5,65 | 15,05 | 9,40 | 442,8 |
| 23000 | 6,23 | 2,07 | 5,53 | 3,46 | 185,5 | 175000 | 17,20 | 5,73 | 15,27 | 9,54 | 448,8 |
| 24000 | 6,36 | 2,12 | 5,65 | 3,53 | 188,6 | 180000 | 17,44 | 5,81 | 15,49 | 9,68 | 454,6 |
| 26000 | 6,62 | 2,21 | 5,88 | 3,68 | 194,9 | 185000 | 17,68 | 5,89 | 15,70 | 9,81 | 460,3 |
| 28000 | 6,87 | 2,29 | 6,10 | 3,82 | 200,9 | 190000 | 17,91 | 5,97 | 15,90 | 9,94 | 465,8 |
| 30000 | 7,11 | 2,37 | 6,32 | 3,95 | 206,6 | 195000 | 18,14 | 6,05 | 16,11 | 10,06 | 471,4 |
| 32000 | 7,35 | 2,45 | 6,53 | 4,08 | 212,4 | 200000 | 18,37 | 6,12 | 16,32 | 10,19 | 476,9 |
| 34000 | 7,58 | 2,52 | 6,73 | 4,20 | 217,9 | 205000 | 18,61 | 6,20 | 16,54 | 10,32 | 482,6 |
| 36000 | 7,80 | 2,60 | 6,92 | 4,32 | 223,2 | 210000 | 18,83 | 6,28 | 16,74 | 10,45 | 487,9 |
| 38000 | 8,01 | 2,67 | 7,11 | 4,44 | 228,2 | 215000 | 19,06 | 6,35 | 15,57 | 10,56 | 493,4 |
| 40000 | 8,22 | 2,74 | 7,30 | 4,56 | 233,3 | 220000 | 19,28 | 6,43 | 17,14 | 10,69 | 498,7 |
| 42000 | 8,42 | 2,81 | 7,48 | 4,67 | 238,1 | 225000 | 19,50 | 6,50 | 17,33 | 10,81 | 504,0 |
| 44000 | 8,62 | 2,87 | 7,65 | 4,78 | 242,9 | 230000 | 19,71 | 6,57 | 17,52 | 10,93 | 509,0 |
| 46000 | 8,81 | 2,94 | 7,82 | 4,89 | 247,4 | 235000 | 19,92 | 6,64 | 17,71 | 11,05 | 514,1 |
| 48000 | 9,00 | 3,00 | 8,00 | 4,99 | 252,0 | 240000 | 20,13 | 6,71 | 17,89 | 11,17 | 519,1 |
| 50000 | 9,18 | 3,06 | 8,16 | 5,10 | 256,3 | 245000 | 20,34 | 6,78 | 18,08 | 11,29 | 524,2 |
| 52000 | 9,37 | 3,12 | 8,32 | 5,20 | 260,9 | 250000 | 20,55 | 6,85 | 18,27 | 11,40 | 529,2 |
| 54000 | 9,55 | 3,18 | 8,48 | 5,30 | 265,2 | 255000 | 20,75 | 6,92 | 18,44 | 11,51 | 534,0 |
| 56000 | 9,72 | 3,24 | 8,64 | 5,39 | 269,3 | 260000 | 20,96 | 6,99 | 18,63 | 11,63 | 539,0 |
| 58000 | 9,89 | 3,30 | 8,79 | 5,49 | 273,4 | 265000 | 21,16 | 7,05 | 18,81 | 11,74 | 543,8 |
| 60000 | 10,06 | 3,35 | 8,94 | 5,58 | 277,4 | 270000 | 21,36 | 7,12 | 18,99 | 11,85 | 548,6 |
| 62000 | 10,23 | 3,41 | 9,08 | 5,68 | 281,5 | 275000 | 21,55 | 7,18 | 19,16 | 11,96 | 553,2 |
| 64000 | 10,39 | 3,46 | 9,23 | 5,77 | 285,4 | 280000 | 21,75 | 7,25 | 19,33 | 12,06 | 558,0 |
| 66000 | 10,55 | 3,52 | 9,38 | 5,86 | 289,2 | 285000 | 21,94 | 7,31 | 19,50 | 12,17 | 562,6 |
| 68000 | 10,71 | 3,57 | 9,52 | 5,95 | 292,8 | 290000 | 22,13 | 7,38 | 19,67 | 12,28 | 567,1 |
| 70000 | 10,87 | 3,62 | 9,65 | 6,04 | 296,9 | 295000 | 22,32 | 7,44 | 19,84 | 12,38 | 571,7 |
| 72000 | 11,02 | 3,67 | 9,79 | 6,12 | 300,5 | 300000 | 22,51 | 7,50 | 20,01 | 12,49 | 576,2 |
| 74000 | 11,17 | 3,72 | 9,92 | 6,20 | 304,1 | 305000 | 22,70 | 7,57 | 20,18 | 12,59 | 580,8 |
| 76000 | 11,32 | 3,77 | 10,06 | 6,28 | 307,7 | 310000 | 22,88 | 7,63 | 20,36 | 12,69 | 585,1 |
| 78000 | 11,48 | 3,83 | 10,19 | 6,37 | 311,5 | 315000 | 23,07 | 7,69 | 20,51 | 12,80 | 589,6 |
| 80000 | 11,63 | 3,88 | 10,31 | 6,45 | 315,1 | 320000 | 23,25 | 7,75 | 20,67 | 12,90 | 594,0 |
| 82000 | 11,77 | 3,92 | 10,44 | 6,53 | 318,5 | 325000 | 23,43 | 7,81 | 20,83 | 13,00 | 598,3 |
| 84000 | 11,91 | 3,97 | 10,57 | 6,61 | 321,8 | 330000 | 23,61 | 7,87 | 20,99 | 13,10 | 602,6 |
| 86000 | 12,05 | 4,02 | 10,70 | 6,69 | 325,2 | 335000 | 23,79 | 7,93 | 21,15 | 13,20 | 607,0 |
| 88000 | 12,19 | 4,06 | 10,82 | 6,77 | 328,6 | 340000 | 23,97 | 7,99 | 21,31 | 13,29 | 611,3 |
| 90000 | 12,33 | 4,11 | 10,94 | 6,84 | 331,9 | 345000 | 24,14 | 8,05 | 21,46 | 13,39 | 615,4 |
| 92000 | 12,47 | 4,16 | 11,07 | 6,92 | 335,3 | 350000 | 24,31 | 8,10 | 21,61 | 13,49 | 619,4 |
| 94000 | 12,61 | 4,20 | 11,19 | 6,99 | 338,6 | 355000 | 24,49 | 8,16 | 21,77 | 13,58 | 623,8 |
| 96000 | 12,74 | 4,25 | 11,30 | 7,07 | 341,8 | 360000 | 24,66 | 8,22 | 21,92 | 13,68 | 627,8 |
| 98000 | 12,87 | 4,29 | 11,42 | 7,14 | 344,9 | 365000 | 24,83 | 8,28 | 22,07 | 13,77 | 631,9 |
| 100000 | 13,00 | 4,33 | 11,54 | 7,21 | 348,0 | 370000 | 25,00 | 8,33 | 22,22 | 13,87 | 636,0 |
| 105000 | 13,32 | 4,44 | 11,82 | 7,39 | 355,7 | 375000 | 25,17 | 8,39 | 22,37 | 13,96 | 640,1 |
| 110000 | 13,63 | 4,54 | 12,10 | 7,56 | 363,1 | 380000 | 25,33 | 8,44 | 22,52 | 14,05 | 643,9 |
| 115000 | 13,94 | 4,65 | 12,38 | 7,73 | 370,6 | 385000 | 25,50 | 8,50 | 22,67 | 14,15 | 648,0 |
| 120000 | 14,24 | 4,75 | 12,64 | 7,90 | 377,8 | 390000 | 25,67 | 8,56 | 22,82 | 14,24 | 652,1 |
| 125000 | 14,54 | 4,85 | 12,90 | 8,06 | 385,0 | 395000 | 25,83 | 8,61 | 22,96 | 14,33 | 655,9 |
| 130000 | 14,82 | 4,94 | 13,16 | 8,22 | 391,7 | 400000 | 25,99 | 8,66 | 23,10 | 14,42 | 659,8 |

## 3. Tabelle
### für die zulässige Entfernung der Bügel bei Stützen mit Rundeiseneinlagen.

$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 . I . E}{5\, f_e\, \sigma_b}}\;; \quad E = 2\,000\,000.$$

| Durchmesser der Eisen in mm | Querschnitt in qcm | Trägheitsmoment eines Eisens in cm⁴ | Zulässige Entfernung der Bügel in cm für $\sigma_b = 20$ | $\sigma_b = 25$ | $\sigma_b = 30$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 0,79 | 0,049 | 28,8 | 25,7 | 23,5 |
| 11 | 0,95 | 0,072 | 31,9 | 28,4 | 26,0 |
| 12 | 1,13 | 0,102 | 34,7 | 31,0 | 28,3 |
| 13 | 1,33 | 0,140 | 37,5 | 33,5 | 30,5 |
| 14 | 1,54 | 0,189 | 40,5 | 36,2 | 33,0 |
| 15 | 1,77 | 0,249 | 43,3 | 38,7 | 35,4 |
| 16 | 2,01 | 0,322 | 46,2 | 41,3 | 37,7 |
| 17 | 2,27 | 0,410 | 49,1 | 43,9 | 40,1 |
| 18 | 2,55 | 0,515 | 51,9 | 46,4 | 42,4 |
| 19 | 2,84 | 0,640 | 54,8 | 49,0 | 44,8 |
| 20 | 3,14 | 0,785 | 57,7 | 51,6 | 47,1 |
| 21 | 3,46 | 0,955 | 60,7 | 54,3 | 49,5 |
| 22 | 3,80 | 1,150 | 63,5 | 56,8 | 51,9 |
| 23 | 4,16 | 1,374 | 66,4 | 59,4 | 54,2 |
| 24 | 4,52 | 1,629 | 69,3 | 62,0 | 56,6 |
| 25 | 4,91 | 1,918 | 72,2 | 64,6 | 58,9 |
| 26 | 5,31 | 2,243 | 75,0 | 67,1 | 61,3 |
| 27 | 5,73 | 2,609 | 77,9 | 69,7 | 63,6 |
| 28 | 6,16 | 3,017 | 80,8 | 72,3 | 66,0 |
| 29 | 6,61 | 3,472 | 83,7 | 74,9 | 68,4 |
| 30 | 7,07 | 3,976 | 86,6 | 77,6 | 70,7 |
| 31 | 7,55 | 4,533 | 89,5 | 80,0 | 73,1 |
| 32 | 8,04 | 5,147 | 92,4 | 82,6 | 75,4 |
| 33 | 8,55 | 5,821 | 95,3 | 85,2 | 77,8 |
| 34 | 9,08 | 6,560 | 98,1 | 87,8 | 80,1 |
| 35 | 9,62 | 7,366 | 101,0 | 90,4 | 82,5 |
| 36 | 10,18 | 8,245 | 103,9 | 93,0 | 84,8 |
| 37 | 10,75 | 9,200 | 106,8 | 95,5 | 87,2 |
| 38 | 11,34 | 10,235 | 109,7 | 98,1 | 89,6 |
| 39 | 11,95 | 11,356 | 112,6 | 100,7 | 91,9 |
| 40 | 12,57 | 12,566 | 115,5 | 103,3 | 94,3 |

I. Beispiel:*) Eine glatte Decke, welche auf 1 m Breite ein Moment von 90 000 cm/kg aufzunehmen hat, soll eine Höhe von 16 cm erhalten, die statische Höhe wird zu 15 cm angenommen. B ist hier = 1,00; daher

$$h = a\sqrt{M}$$

$$a = \frac{h}{\sqrt{M}} = \frac{15}{\sqrt{90000}} = \frac{15}{300} = 0{,}05$$

Diesem a entspricht nach vorstehender Tabelle

$$\sigma_b = 31{,}5$$
$$b = 0{,}0184$$
$$c = 0{,}282$$

und es ist

$$f_e = b\sqrt{M} = 0{,}0184 . 300 = 5{,}52 \text{ qcm}$$
$$x = c . h = 0{,}282 . 15 = 4{,}23 \text{ cm.}$$

*) Zu Tabelle 4 gehörig.

# 4. Tabelle

## zur Bestimmung von Platten und Unterzügen von der Breite B (in m ausgedrückt).

Für $\sigma_e = 1200$.

Für Unterzüge ist Voraussetzung, daß die Nullinie innerhalb der Gurtplatte bleibt (vergl. Erläuterungen zu der Tabelle für Unterzüge auf Seite 229 und 230). Es ist unter Benutzung der folgenden Tabellenwerte:

$$h = a\sqrt{\frac{M}{B}}\,;\quad f_e = b\sqrt{M\,.\,B}\,;\quad x = c\,.\,h$$

| $\sigma_b$ | a | b | c | $\sigma_b$ | a | b | c |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 0,1508 | 0,0057 | 0,101 | 30 | 0,0518 | 0,0176 | 0,273 |
| 10 | 0,1367 | 0,0063 | 0,111 | 31 | 0,0505 | 0,0182 | 0,279 |
| 11 | 0,1252 | 0,0069 | 0,121 | 32 | 0,0492 | 0,0187 | 0 286 |
| 12 | 0,1157 | 0,0076 | 0,130 | 33 | 0,0479 | 0,0193 | 0,292 |
| 13 | 0,1074 | 0,0081 | 0,140 | 34 | 0,0469 | 0,0198 | 0,298 |
| 14 | 0,1004 | 0,0087 | 0,149 | 35 | 0,0457 | 0,0203 | 0,304 |
| 15 | 0,0944 | 0,0093 | 0,158 | 36 | 0,0446 | 0,0208 | 0,311 |
| 16 | 0,0890 | 0,0099 | 0,167 | 37 | 0,0437 | 0,0213 | 0,316 |
| 17 | 0,0845 | 0,0105 | 0,175 | 38 | 0,0428 | 0,0218 | 0,322 |
| 18 | 0,0803 | 0,0111 | 0,183 | 39 | 0,0419 | 0,0223 | 0,328 |
| 19 | 0,0765 | 0,0116 | 0,192 | 40 | 0,0411 | 0,0229 | 0,333 |
| 20 | 0 0732 | 0,0122 | 0,200 | 41 | 0,0402 | 0,0232 | 0,339 |
| 21 | 0 0701 | 0,0128 | 0,208 | 42 | 0,0395 | 0,0238 | 0,344 |
| 22 | 0,0674 | 0,0134 | 0,216 | 43 | 0,0387 | 0,0243 | 0,350 |
| 23 | 0,0649 | 0,0139 | 0,223 | 44 | 0,0380 | 0,0247 | 0,355 |
| 24 | 0,0625 | 0,0144 | 0,231 | 45 | 0,0374 | 0,0252 | 0,360 |
| 25 | 0,0604 | 0,0150 | 0,238 | 46 | 0,0369 | 0,0258 | 0,365 |
| 26 | 0,0585 | 0,0155 | 0,245 | 47 | 0,0362 | 0,0263 | 0,370 |
| 27 | 0,0565 | 0,0161 | 0,253 | 48 | 0,0356 | 0,0267 | 0,375 |
| 28 | 0,0549 | 0,0166 | 0,259 | 49 | 0,0349 | 0,0270 | 0,380 |
| 29 | 0,0533 | 0,0171 | 0,266 | 50 | 0,0345 | 0,0276 | 0,384 |

II. Beispiel: Ein Unterzug von der Breite B = 1,40 m hat ein Moment von 600 000 cm/kg aufzunehmen und soll 34 cm hoch sein. Die statische Höhe wird zu 31 cm angenommen. Es ist

$$h = a\sqrt{\frac{M}{B}}$$

$$a = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{B}}} = \frac{31}{\sqrt{\frac{600\,000}{1,4}}} = \frac{31}{\sqrt{428\,000}} = \frac{31}{654} = 0,0474$$

Diesem a entspricht nach vorstehender Tabelle

$$\sigma_b = 33,5;\ b = 0,01955;\ c = 0,295$$

folglich ist

$$f_e = b\sqrt{M\,.\,B} = 0,01955\sqrt{600\,000\,.\,1,4} = 17,9 \text{ qcm}$$

$$x = c\,.\,h = 0,295\,.\,31 = 9,15 \text{ cm.}$$

Falls die Betonbeanspruchung die zulässige oder gewünschte Höhe überschreitet, die Höhe des Unterzuges aber nicht vergrößert werden darf, so wird man in der Regel die Druckzone durch Eiseneinlagen verstärken, um die Betonbeanspruchung herabzumindern. Der erforderliche Eisenquerschnitt kann alsdann nach folgenden Annäherungsformeln recht genau ermittelt werden.

Es sei:

$\sigma_{b_1}$ die Betonbeanspruchung vor der Verstärkung

$\sigma_b$ die Betonbeanspruchung nach der Verstärkung

$\frac{\sigma_e}{\sigma_{b_1}} = \alpha'$

$\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = \alpha$

e' die Entfernung von Zug- und Druckmittelpunkt im ursprünglichen Querschnitt

e dasselbe im verstärkten Querschnitt

(zu finden aus $e = h - \frac{x}{3}$)

$f_{ez_1}$ die gezogene Eiseneinlage im ursprünglichen Querschnitt

$f_{ez}$ die gezogene Eiseneinlage im verstärkten Querschnitt

(zu finden aus $f_{ez} = \frac{M}{e \, . \, \sigma_{ez}}$)

$f_{ed}$ der gesuchte Eisenquerschnitt in der Druckzone

x die Stärke der Druckzone nach der Verstärkung

(zu finden aus $x = \frac{15}{\alpha + 15}$)

a der Abstand der oberen Eiseneinlage von der Oberkante, dann ist:

I. bei Nullinie innerhalb der Platte

$$f_{ed} = \frac{15 \, f_{ez} \, (h - x) - \frac{x^2 \, . \, b}{2}}{15 \, (x - a)}$$

für den Sonderfall $\sigma_b = 40$; $\sigma_e = 1200$

$$f_{ed} = \frac{0{,}001875 \, M - 0{,}0111 \, b \, h^2}{h - 3 \, a}$$

II. bei Nullinie außerhalb der Platte

$$f_{ed} = \frac{15 \, f_{ez} \, (h - x) - b \, . \, d \left(x - \frac{d}{2}\right)}{15 \, (x - a)}$$

für den Sonderfall $\sigma_b = 40$; $\sigma_e = 1200$

$$f_{ed} = \frac{2 \, f_{ez} \, . \, h - b \, . \, d \, (0{,}0667 \, h - 0{,}1 \, d)}{h - 3 \, a}$$

Wenn die Spannungen $\sigma_{b_1}$ und $\sigma_b$ nicht zu verschieden voneinander sind, kann man $f_{ez_1} = f_{ez}$ setzen.

Bei vollen Platten oder bei Rippenbalken, wenn die Nullinie in der Platte bleibt, wird unter Umständen die Herabminderung der Beton-

spannung zweckmäßig durch Verstärken der unteren Eiseneinlage erreicht. Der erforderliche Eisenquerschnitt für die Spannung $\sigma_b$ ist alsdann:

$$f_{ez} = \frac{x^2 \, . \, b}{30\,(h - x)}$$

worin

$$x = \frac{3\,h}{2} \pm \sqrt{\frac{9\,h^2}{4} - \frac{6\,M}{b \, . \, \sigma_b}}$$

## Rundeisen-Tabelle.

| Durchm in mm | Trägheitsmoment in cm⁴ | Widerstandsmoment in cm³ | Querschnitt eines Rundeisens multipliziert mit 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0,003068 | 0,01227 | 0,19635 | 0,393 | 0,589 | 0,785 | 0,982 | 1,178 | 1,374 | 1,571 | 1,767 | 1,964 |
| 6 | 0,006362 | 0,02121 | 0,27284 | 0,546 | 0,819 | 1,091 | 1,364 | 1,637 | 1,910 | 2,183 | 2,456 | 2,728 |
| 7 | 0,01179 | 0,03367 | 0,3848 | 0,770 | 1,154 | 1,540 | 1,924 | 2,310 | 2,694 | 3,078 | 3,463 | 3,848 |
| 8 | 0,02011 | 0,05027 | 0,5027 | 1,005 | 1,508 | 2,011 | 2,514 | 3,016 | 3,519 | 4,022 | 4,524 | 5,027 |
| 9 | 0,03221 | 0,07157 | 0,6362 | 1,272 | 1,909 | 2,545 | 3 181 | 3,817 | 4,453 | 5,090 | 5,726 | 6,362 |
| 10 | 0,04909 | 0,09817 | 0,7854 | 1,571 | 2,356 | 3,142 | 3,927 | 4.712 | 5,498 | 6,283 | 7,069 | 7,854 |
| 11 | 0,07187 | 0,1307 | 0,9503 | 1,901 | 2,851 | 3,801 | 4,752 | 5,702 | 6,652 | 7,602 | 8,553 | 9,503 |
| 12 | 0,1018 | 0,1696 | 1,131 | 2,262 | 3,393 | 4,524 | 5,655 | 6,786 | 7,917 | 9,048 | 10,179 | 11,310 |
| 13 | 0,1402 | 0,2157 | 1,327 | 2.654 | 3,981 | 5,308 | 6,635 | 7,962 | 9,289 | 10,616 | 11,943 | 13,270 |
| 14 | 0,1886 | 0,2694 | 1,539 | 3,078 | 4,617 | 6,156 | 7,695 | 9,234 | 10,773 | 12,312 | 13,851 | 15,39 |
| 15 | 0,2425 | 0,3313 | 1,767 | 3,534 | 5,301 | 7,068 | 8,835 | 10,602 | 12,369 | 14,136 | 15,903 | 17,670 |
| 16 | 0,3217 | 0,4021 | 2,011 | 4,022 | 6,033 | 8,044 | 10,055 | 12,066 | 14,077 | 16,088 | 18,099 | 20,110 |
| 17 | 0,4100 | 0,4823 | 2,270 | 4,540 | 6,810 | 9,080 | 11,350 | 13,620 | 15,890 | 18,160 | 20,430 | 22,700 |
| 18 | 0,5153 | 0,5726 | 2,545 | 5,090 | 7,635 | 10,180 | 12,725 | 15,270 | 17,815 | 20 360 | 22,905 | 25,450 |
| 19 | 0,6397 | 0,6734 | 2,835 | 5,670 | 8,505 | 11,340 | 14 175 | 17,010 | 19,845 | 22,680 | 25,515 | 28,350 |
| 20 | 0,7854 | 0,7854 | 3,142 | 6,284 | 9,426 | 12.568 | 15,710 | 18,852 | 21,994 | 25,136 | 28,278 | 31,420 |
| 21 | 0,9547 | 0,9092 | 3,463 | 6,926 | 10,389 | 13,852 | 17,315 | 20,778 | 24.241 | 27,704 | 31,167 | 34,630 |
| 22 | 1,1499 | 1,045 | 3,801 | 7,602 | 11.403 | 15,204 | 19,005 | 22,806 | 26 607 | 30,408 | 34,209 | 38,010 |
| 23 | 1,3737 | 1,194 | 4,155 | 8,310 | 12,465 | 16,620 | 20,775 | 24.930 | 29,085 | 33.240 | 37,395 | 41,550 |
| 24 | 1,6286 | 1,357 | 4,524 | 9,048 | 13,572 | 18,096 | 22,620 | 27,144 | 31.668 | 36 192 | 40,716 | 45,240 |
| 25 | 1,9175 | 1,534 | 4,909 | 9,818 | 14,727 | 19,636 | 24,545 | 29,454 | 34,363 | 39.272 | 44,181 | 49,090 |
| 26 | 2,2432 | 1,726 | 5,309 | 10,618 | 15,927 | 21,236 | 26,545 | 31,854 | 37,163 | 42,472 | 47,781 | 53,090 |
| 27 | 2,6087 | 1,932 | 5,726 | 11 452 | 17,178 | 22,904 | 28,630 | 34,356 | 40,082 | 45,808 | 51,534 | 57,260 |
| 28 | 3,0172 | 2,155 | 6,158 | 12 316 | 18,474 | 24,632 | 30,790 | 36,948 | 43,106 | 49,264 | 55,422 | 61,580 |
| 29 | 3,4719 | 2,394 | 6.605 | 13,210 | 19,815 | 26,420 | 33,025 | 39,630 | 46,235 | 52,820 | 59,445 | 66,050 |
| 30 | 3,9761 | 2 651 | 7,069 | 14,138 | 21,207 | 28,276 | 35,345 | 42.414 | 49,483 | 56,552 | 63,621 | 70,690 |
| 31 | 4,5333 | 2,925 | 7,548 | 15,096 | 22,644 | 30,192 | 37,740 | 45,288 | 52,836 | 60,384 | 67,932 | 75,480 |
| 32 | 5,1472 | 3,217 | 8,042 | 16,084 | 24,126 | 32,168 | 40,210 | 48,252 | 56,294 | 64,336 | 72,378 | 80,420 |
| 33 | 5,8214 | 3,528 | 8,553 | 17,106 | 25,659 | 34,212 | 42,765 | 51,318 | 59 871 | 68,424 | 76,977 | 85,530 |
| 34 | 6.5597 | 3,859 | 9,079 | 18,158 | 27,237 | 36,316 | 45,395 | 54,474 | 63,553 | 72,632 | 81,711 | 90,790 |
| 35 | 7,3662 | 4,209 | 9,621 | 19,242 | 28,863 | 38,484 | 48,105 | 57,726 | 67,347 | 76.968 | 86,589 | 96,210 |
| 36 | 8,2478 | 4,580 | 10,18 | 20,36 | 30 54 | 40,72 | 50,90 | 61 08 | 71,26 | 81,44 | 91,62 | 101,80 |
| 37 | 9,1998 | 4,973 | 10,75 | 21 50 | 32,25 | 43,00 | 53,75 | 64 50 | 75,25 | 86,00 | 96,75 | 107,50 |
| 38 | 10,2354 | 5,387 | 11,34 | 22,68 | 34,02 | 45,36 | 56,70 | 68 04 | 79,38 | 90,72 | 102,06 | 113,40 |
| 39 | 11,3561 | 5,824 | 11,95 | 23,90 | 35,85 | 47,80 | 59,75 | 71,70 | 83,65 | 95.60 | 107,55 | 119,50 |
| 40 | 12,5664 | 6,283 | 12,57 | 25,14 | 37,71 | 50,28 | 62,85 | 75,42 | 87,99 | 100,56 | 113,13 | 125,70 |
| 41 | 13,8709 | 6,766 | 13,20 | 26,40 | 39,60 | 52,80 | 66,00 | 79,20 | 92,40 | 105,60 | 118,80 | 132,00 |
| 42 | 15,2745 | 7,274 | 13 85 | 27,70 | 41,55 | 55,40 | 69,25 | 83,10 | 96,95 | 110,80 | 124,65 | 138,50 |
| 43 | 16,7820 | 7,806 | 14,52 | 29 04 | 43,56 | 58,08 | 72,60 | 87,12 | 101.64 | 116,16 | 130,68 | 145,20 |
| 44 | 18,3984 | 8,363 | 15.21 | 30 42 | 45,63 | 60,84 | 76,05 | 91,26 | 106,47 | 121,68 | 136,89 | 152.10 |
| 45 | 20,1289 | 8 946 | 15,90 | 31,80 | 47,70 | 63,60 | 79,50 | 95,40 | 111.30 | 127,20 | 143,10 | 159,00 |
| 46 | 21,9787 | 9.556 | 16,62 | 33,24 | 49,86 | 66,48 | 83,10 | 99,72 | 116,34 | 132,96 | 149,58 | 166,20 |
| 47 | 23,9531 | 10,193 | 17,35 | 34,70 | 52,05 | 69 40 | 86,75 | 104,10 | 121,45 | 138,80 | 156,15 | 173,50 |
| 48 | 26,0576 | 10,857 | 18,10 | 36 20 | 54,30 | 72,40 | 90,50 | 108,60 | 126,70 | 144,80 | 162,90 | 181,00 |
| 49 | 28,2979 | 11,550 | 18,86 | 37,72 | 56,58 | 75,44 | 94,30 | 113,16 | 132,02 | 150,88 | 169,74 | 188,60 |
| 50 | 30,6796 | 12,272 | 19,63 | 39,26 | 58,89 | 78,52 | 98,15 | 117,78 | 137,41 | 157,04 | 176,67 | 196,30 |

# Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten.

(Wortlaut des Runderlasses des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 14. April 1904.)

## I. Allgemeine Vorschriften.

### A. Prüfung.

§ 1.

1. Der Ausführung von Bauwerken oder Bauteilen aus Eisenbeton hat eine besondere baupolizeiliche Prüfung voranzugehen. Zu diesem Zwecke sind bei Nachsuchung der Bauerlaubnis für ein Bauwerk, welches ganz oder zum Teil aus Eisenbeton hergestellt werden soll, Zeichnungen, statische Berechnungen und Beschreibungen beizubringen, aus denen die Gesamtanordnung und alle wichtigen Einzelheiten zu ersehen sind.

Falls sich der Bauherr oder Unternehmer erst im Verlaufe der Bauausführung über die Wahl der Konstruktionsart schlüssig macht, hat die Baupolizeibehörde darauf zu halten, daß die vorbezeichneten Unterlagen für die Prüfung nachträglich beigebracht werden.

2. In der Beschreibung ist der Ursprung und die Beschaffenheit der zum Beton zu verwendenden Baustoffe und ihr Mischungsverhältnis anzugeben.

3. Die Vorlagen sind von dem Bauherrn und dem Unternehmer, der die Ausführung bewirkt, zu unterschreiben.

§ 2.

1. Die Eigenschaften der zum Beton zu verwendenden Baustoffe sind erforderlichenfalls durch Zeugnisse einer amtlichen Prüfungsanstalt nachzuweisen. Diese Zeugnisse sollen im allgemeinen nicht älter als ein Jahr sein.

2. Es darf nur Portlandzement verwendet werden, der den preußischen Normen entspricht. Die Zeugnisse über die Beschaffenheit müssen Angaben über Raumbeständigkeit, Bindezeit, Mahlfeinheit, sowie über Zug- und Druckfestigkeit enthalten.

3. Zur Herstellung des Betons ist nur scharfer Sand, Kies oder ein sonstiger, erfahrungsgemäß geeigneter Zuschlag von zweckentsprechender Korngröße zu verwenden.

4. Die Druckfestigkeit, die der zu verwendende Beton in dem vorgesehenen Mischungsverhältnis nach 28 Tagen erreichen soll, ist in der Beschreibung (§ 1 Ziffer 1) anzugeben

§ 3.

1. Das Verfahren der statischen Berechnung muß mindestens dieselbe Sicherheit gewähren, wie die Berechnung nach den Leitsätzen in Abschnitt II dieser Bestimmungen.

2. Bei noch unerprobter Bauweise kann die Baupolizeibehörde die Zulassung von dem Ausfall zuvoriger Probeausführungen und Belastungsversuche abhängig machen.

B. Ausführung.

§ 4.

1. Die Baupolizeibehörde kann die Eigenschaften der in der Verarbeitung begriffenen Baustoffe durch eine amtliche Prüfungsanstalt oder in einer sonst ihr geeignet erscheinenden Weise feststellen sowie eine Festigkeitsprüfung des fertigen Betons vornehmen lassen. Die Prüfung der Festigkeit kann auch auf der Baustelle mittels einer Betonpresse, deren Zuverlässigkeit durch eine amtliche Prüfungsanstalt bescheinigt ist, erfolgen.

2. Die für die Prüfung bestimmten Betonkörper müssen Würfelform erhalten, und zwar je nach der Korngröße des Zuschlags mit 20 oder 30 cm Seite. Die Probekörper sind mit der Bezeichnung des Anfertigungstages zu versehen, durch ein Siegel zu kennzeichnen und bis zu ihrer Erhärtung nach Anweisung der Baupolizeibehörde aufzubewahren.

3. Der Zement ist in der Ursprungspackung anzuliefern.

§ 5.

1. Der Beton ist in der Regel nach Gewichtseinheiten zu mischen.

2. Die Zumessung beim Mischen kann aber auch mit Hohlmaßen und zwar mit je einem Hohlmaß für jeden Baustoff geschehen. Jedes dieser Hohlmaße soll vollgefüllt und glatt abgestrichen die dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis entsprechenden, durch eine zuverlässige Wage nachzuweisenden Gewichtseinheiten enthalten.

§ 6.

Der Beton ist nur in den Mengen zu bereiten, die für die unmittelbare Verwendung erforderlich sind. Er muß nach dem Mischen sofort eingebracht und gleichmäßig eingestampft werden, bei erdfeuchtem Zustande mindestens so lange, bis sich an der Oberfläche Wasser zeigt. Zum Einstampfen sind passend geformte Stampfer von angemessenem Gewicht zu verwenden.

§ 7.

1. Mit besonderer Sorgfalt ist darauf zu achten, daß die Eiseneinlagen die richtige Lage erhalten und dicht mit Zementmörtel umkleidet werden.

2. Der Beton ist in einzelnen Schichten einzubringen, die nicht stärker als 15 cm sein dürfen und für sich gehörig eingestampft werden müssen.

3. Durchgehende Wände sind in ihrer ganzen Länge in Angriff zu nehmen und gleichmäßig hochzuführen. Dabei ist auf einen guten Verband mit anschließenden Querwänden Bedacht zu nehmen. Schichten, die den Abschluß eines Geschosses bilden, müssen wagerecht abgeglichen werden.

4. Die Schalungen müssen hinreichenden Widerstand gegen Durchbiegungen sowie gegen Erschütterungen beim Stampfen bieten und so angeordnet sein, daß sie unter Belassung der notwendigen Stützen gefahrlos entfernt werden können.

5. Beim Entfernen der Schalungen und Stützen muß jede Erschütterung vermieden werden.

§ 8.

1. Soll auf frische Betonschichten eine neue Schicht aufgebracht werden, so genügt es, die alte Oberfläche gut anzunässen.

2. Beim Weiterbau auf erhärtetem Beton muß die alte Oberfläche aufgerauht, sauber abgekehrt und angenäßt werden.

§ 9.

Bei der Herstellung von Wänden und Pfeilern in mehrgeschossigen Gebäuden darf mit der Ausführung dieser Bauteile in dem höheren Geschoß erst nach Abnahme des darunter liegenden Geschosses begonnen werden.

§ 10.

1. Bei Frostwetter darf nicht gearbeitet werden, sofern nicht schädliche Einwirkungen des Frostes ausgeschlossen sind.

2. Nach längeren Frostzeiten (§ 12) darf beim Eintritt milderer Witterung die Arbeit erst wieder aufgenommen werden, nachdem die Zustimmung der Baupolizeibehörde dazu eingeholt ist.

§ 11.

1. Bis zur genügenden Erhärtung des Betons sind die Bauteile gegen die Einwirkungen des Frostes und gegen vorzeitiges Austrocknen zu schützen sowie vor Erschütterungen und Belastungen zu bewahren.

2. Die seitlichen Schalungen von Betonbalken und die Schalungen von Deckenplatten bis zu 1,50 m Spannweite dürfen frühestens nach 3 Tagen, die übrigen Schalungen und Stützen frühestens nach 14 Tagen, vom Schluß des Einstampfens ab gerechnet, entfernt werden.

3. Ist das Einstampfen erst kurze Zeit vor Eintritt von Frost beendet, so ist beim Entfernen der Schalung und der Stützen besondere Vorsicht zu beobachten.

4. Tritt während der Erhärtungsdauer Frost ein, so sind mit Rücksicht darauf, daß die Erhärtung des Betons durch den Frost verzögert wird, die in Absatz 2 genannten Fristen um die Dauer der Frostzeit zu verlängern.

§ 12.

Ueber den Gang der Arbeiten ist ein Tagebuch zu führen und auf der Baustelle stets zur Einsichtnahme bereit zu halten. Frosttage sind darin unter Angabe der Kältegrade und der Stunde ihrer Messung besonders zu vermerken.

### C. Abnahme.

§ 13.

1. Bei der Abnahme müssen die Bauteile an verschiedenen von dem abnehmenden Beamten zu bestimmenden Stellen freiliegen, sodaß die Art der Ausführung zu erkennen ist. Auch bleibt es vorbehalten, die einwandfreie Herstellung, den erreichten Erhärtungsgrad und die Tragfähigkeit durch besondere Versuche festzustellen.

2. Zur Feststellung des Erhärtungsgrades können Proben aus den fertigen Bauteilen zur Prüfung nach den Vorschriften des § 4 Ziff 2 entnommen werden.

3. Werden Probebelastungen für nötig erachtet, so sind diese nach Angabe des abnehmenden Beamten vorzunehmen. Dem Bauherrn und dem Unternehmer ist rechtzeitig davon Kenntnis zu geben und die Beteiligung anheimzustellen.

4. Wird ein aus einem Deckenfelde herausgelöster Streifen einer Probebelastung unterworfen, so soll die gleichmäßig auf dem ganzen Streifen zu verteilende Auflast das Gewicht der Decke und der doppelten Nutzlast nicht überschreiten. Wird ein solcher Streifen ohne Loslösung aus dem Deckenfelde zur Probe belastet, so ist die Auflast um die Hälfte zu erhöhen. Demnach ist, wenn g das Eigengewicht und p die Nutzlast bezeichnet, die Auflast im ersten Falle $g + 2\,p$, im zweiten Falle $1{,}5\,g + 3\,p$.

## II. Leitsätze für die statische Berechnung.

### A. Eigengewicht.

1. Das Gewicht des Betons einschließlich der Eiseneinlegen ist zu 2400 kg für das Kubikmeter anzunehmen, sofern nicht ein anderes Gewicht nachgewiesen wird.

2. Bei Decken ist außer dem Gewicht der tragenden Bauteile das Gewicht der zur Bildung des Fußbodens dienenden Baustoffe nach bekannten Einheitssätzen zu ermitteln.

B. Ermittelung der äußeren Kräfte.

1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen sind die Angriffsmomente und Auflagerkräfte je nach der Art der Belastung und Auflagerung den für frei aufliegende oder durchgehende Balken geltenden Regeln gemäß zu berechnen.

2. Bei frei aufliegenden Platten ist die Freilänge zuzüglich der Deckenstärke, bei durchgehenden Platten die Entfernung zwischen den Mitten der Stützen als Stützweite in die Berechnung einzuführen.

3. Bei Platten, die über mehrere Felder durchgehen, darf das Biegungsmoment in den Feldmitten zu vier Fünfteln des Wertes angenommen werden, der bei einer auf zwei Stützen frei aufliegenden Platte vorhanden sein würde, falls nicht die wirklich auftretenden Momente und Auflagerkräfte rechnerisch oder durch Versuche nachgewiesen werden.

4. Dieselbe Regel gilt auch für Balken, Plattenbalken und Unterzüge, jedoch mit der Ausnahme, daß ein Einspannungsmoment an den Enden nicht in Rechnung gestellt werden darf, wenn nicht besondere bauliche Anordnungen zur sicheren Einspannung getroffen werden. Als Stützweite gilt die um eine Auflagerlänge vergrößerte freie Spannweite.

5. Bei Plattenbalken darf die Breite des plattenförmigen Teiles mit nicht mehr als einem Drittel der Balkenlänge in Rechnung gestellt werden.

6. Bei Stützen ist auf die Möglichkeit einseitiger Belastung Rücksicht zu nehmen.

C. Ermittelung der inneren Kräfte.

1. Das Elastizitätsmaß des Eisens ist zu dem Fünfzehnfachen von dem des Betons anzunehmen, wenn nicht ein anderes Elastizitätsmaß nachgewiesen wird.

2. Die Spannungen im Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Körpers sind unter der Annahme zu berechnen, daß sich die Ausdehnungen wie die Abstände von der Nullinie verhalten und daß die Eiseneinlagen sämtliche Zugkräfte aufzunehmen vermögen.

3. Schubspannungen sind nachzuweisen, wenn Form und Ausbildung der Bauteile ihre Unschädlichkeit nicht ohne weiteres erkennen lassen. Sie müssen, wenn zu ihrer Aufnahme keine Mittel in der Anordnung der Bauteile selbst gegeben sind, durch entsprechend gestaltete Eiseneinlagen aufgenommen werden.

4. Die Eiseneinlagen sind möglichst so zu gestalten, daß die Verschiebung gegen den Beton schon durch ihre Form verhindert wird. Soweit dies nicht geschieht, ist die Haftspannung rechnerisch nachzuweisen.

5. Die Berechnung der Stützen auf Knicken soll erfolgen, wenn ihre Höhe mehr als das Achtzehnfache der kleinsten Querschnittabmessung beträgt. Querverbände, welche geeignet sind, die eingelegten Eisenstäbe

unveränderlich gegeneinander festzulegen, sind in Abständen von höchstens dem dreißigfachen Betrage des Eisenstabdurchmessers anzubringen.

6. Zur Berechnung der Stützen auf Knicken ist die Euler'sche Formel anzuwenden.

### D. Zulässige Spannungen.

1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen soll die Druckspannung des Betons den fünften Teil seiner Bruchfestigkeit, die Zug- und Druckspannung des Eisens den Betrag von 1200 kg/qcm nicht übersteigen.

Dabei sind folgende Belastungswerte anzunehmen:

a) bei mäßig erschütterten Bauteilen, z. B. bei Decken von Wohnhäusern, Geschäftsräumen, Warenhäusern: die wirklich vorhandene Eigen- und Nutzlast,

b) bei Bauteilen, die stärkeren Erschütterungen oder stark wechselnder Belastung ausgesetzt sind, wie z. B. bei Decken in Versammlungsräumen, Tanzsälen, Fabriken, Lagerhäusern: die wirkliche Eigenlast und die bis zu 50 v. H. erhöhte Nutzlast,

c) bei Belastungen mit starken Stößen, wie z. B. bei Kellerdecken unter Durchfahrten und Höfen: die wirkliche Eigenlast und die bis zu 100 v. H. erhöhte Nutzlast.

2. In Stützen darf der Beton mit nicht mehr als einem Zehntel seiner Bruchfestigkeit beansprucht werden. Bei Berechnung der Eiseneinlagen auf Knicken ist fünffache Sicherheit nachzuweisen.

3. Die Schubspannung des Betons darf das Maß von 4,5 kg/qcm nicht überschreiten. Wird größere Schubfestigkeit nachgewiesen, so darf die auftretende Spannung nicht über ein Fünftel dieser Festigkeit hinausgehen.

4. Die Haftspannung darf die zulässige Schubspannung nicht überschreiten.

## III. Rechnungsverfahren mit Beispielen.

### A. Reine Biegung.

Bei einfacher Eiseneinlage vom Querschnitt $f_e$ auf die Platten- oder Balkenbreite b ergibt sich, wenn das Verhältnis der Elastizitätsmaße des Eisens und des Betons mit n bezeichnet wird, der Abstand der Nullinie von der Oberkante aus der Gleichung der statischen Momente der Flächenelemente für die Nullinie:

Bild 196.

1) $$\frac{b\,x^2}{2} = n\,f_e\,(h - a - x) \text{ zu}$$

2) $$x = \frac{n\,f_e}{b}\left[\sqrt{1 + \frac{2\,b\,(h - a)}{n\,f_e}} - 1\right]$$

Aus der Gleichsetzung der Momente der äußeren und inneren Kräfte folgt dann:

3) $$M = \sigma_b \cdot \frac{x}{2} \cdot b\left(h - a - \frac{x}{3}\right) = \sigma_e f_e \left(h - a - \frac{x}{3}\right),$$

worin $\sigma_b$ die größte Betondruckspannung und $\sigma_e$ die mittlere Eisenzugspannung bedeutet.

Hieraus folgt:

4) $$\sigma_b = \frac{2M}{b x \left(h - a - \frac{x}{3}\right)}$$

5) $$\sigma_e = \frac{M}{f_e \left(h - a - \frac{x}{3}\right)}$$

Bei **T**-förmigen Querschnitten, sogenannten Plattenbalken, unterscheidet sich die Berechnung nicht von der vorigen, wenn die Nullinie in die Platte selbst oder in die Unterkante der Platte fällt.

Geht die Nullinie durch den Steg, so können die geringen, im Steg auftretenden Druckspannungen vernachlässigt werden.

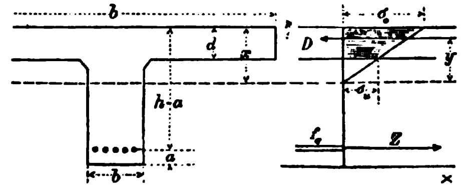



Bild 197.

Dann ist (vergl. Bild 197):

$$\sigma_u = \sigma_o \cdot \frac{x - d}{x},$$

$$\sigma_e = n \sigma_o \frac{h - a - x}{x},$$

$$\frac{\sigma_o + \sigma_u}{2} \cdot \frac{b d}{2} = \sigma_e f_e$$

oder nach Einsetzen der angegebenen Werte von $\sigma_o$, $\sigma_u$ und $\sigma_e$:

6) $$x = \frac{(h - a)\, n f_e + \frac{b d^2}{2}}{b d + n f_e}$$

Da der Abstand des Schwerpunktes des Drucktrapezes von der Oberkante

$$x - y = \frac{d}{3} \cdot \frac{\sigma_o + 2\sigma_u}{\sigma_o + \sigma_u}$$

ist, so wird nach Einsetzen des obigen Wertes von $\sigma_u$:

7) $$y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6(2x - d)}$$

8) $$\sigma_e = \frac{M}{f_e(h - a - x + y)}$$

9) $$\sigma_o \approx \sigma_e \cdot \frac{x}{n(h - a - x)}$$

## B. Zentrischer Druck.

Ist F der Querschnitt der gedrückten Betonfläche und $f_e$ der der gesamten Eiseneinlage, so wird die zulässige Belastung

10) $$P = \sigma_b (F + n f_e)$$

also

11) $$\sigma_b = \frac{P}{F + n f_e}$$

12) $$\sigma_e = n \sigma_b = \frac{n . P}{F + n f_e}$$

## C. Exzentrischer Druck.

Die Berechnung erfolgt, wie bei homogenem Baustoff, wenn in den Ausdrücken für die Querschnittsfläche und das Trägheitsmoment der Querschnitt der Eiseneinlage mit seinem n-fachen Werte zum Betonquerschnitt hinzugerechnet wird. Auftretende Zugspannungen müssen durch die Eiseneinlagen aufgenommen werden können.

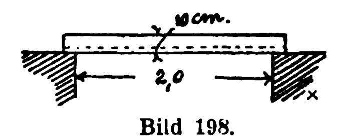



Bild 198.

## D. Beispiele

1. Bei einer 2 m weit gespannten Wohnhausdecke von 10 cm Stärke und Eiseneinlage von 5 qcm Querschnitt auf 1 m Deckenbreite und 1,5 cm Abstand der Eiseneinlagen von der Unterkante sollen die auftretenden größten Spannungen im Beton und im Eisen ermittelt werden.

| | |
|---|---|
| Das Eigengewicht der Decke für 1 qm ist . 0,1 . 2400 = | 240 kg |
| dazu Ueberschüttung mit gewalzter Schlacke in 10 cm Stärke | 60 „ |
| 3,3 cm starker Holzfußboden mit Lagern . . . . . . . | 20 „ |
| 1,2 cm starker Putz . . . . . . . . . . . . . . . . | 20 „ |
| Nutzlast . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 250 „ |
| zusammen | 590 kg; |

dann ist:

$$M = \frac{590 . 2{,}1^2 . 100}{8} = 32500$$

$$x = \frac{15 . 5}{100} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 . 100 . 8{,}5}{15 . 5}} - 1 \right] = 2{,}9 \text{ cm},$$

$$\sigma_b = \frac{2 . 32500}{100 . 2{,}9 . (8{,}5 - 0{,}97)} = 30 \text{ kg/qcm}$$

$$\sigma_e = \frac{32500}{5 . 7{,}53} = 865 \text{ kg/qcm}.$$

Die Betondruckspannung 30 kg/qcm ist zulässig, wenn der verwendete Beton eine Bruchfestigkeit von 5 . 30 = 150 kg/qcm besitzt.

2. Es sei eine frei aufliegende ebene Deckenplatte mit einfacher Eiseneinlage und von der Spannweite 2,00 m gegeben. Die Nutzlast sei

1000 kg/qcm für ein Fabrikgebäude. Die erforderliche Stärke der Betonplatte und der Eiseneinlage soll unter der Voraussetzung ermittelt werden, daß der verwendete Beton eine Druckfestigkeit von 200 kg/qcm besitzt.

Für die Berechnung des Eigengewichts werde die Dicke der Platte einstweilen zu 15 cm angenommen, sodaß die in Rechnung zu stellende Stützweite 2,15 m ist.

| | |
|---|---|
| Das Eigengewicht der Platte für 1 qm ist . 0,15 . 2400 = | 360 kg |
| dazu Ueberschüttung mit gewalzter Schlacke in 20 cm Höhe | 120 „ |
| 2 cm starker Zementestrich . . . . . . . . . . . . . | 40 „ |
| zusammen | 520 kg; |

dann ist

$$M = \frac{520 + 1,5 \cdot 1000}{8} \cdot 2,15^2 \cdot 100 = 116700$$

Da

$$\sigma_b = \frac{200}{5} = 40,$$

und

$$\sigma_e = 1200,$$

so ist, weil

$$\sigma_e : \sigma_b = n\,(h - a - x) : x,$$

$$1200 : 40 = 15\,(h - a - x) : x,$$

$$h - a = 8\,x;$$

dies in Gleichung 5) eingesetzt, ergibt:

$$1200 = \frac{M}{\frac{5}{8}\,x\left(8\,x - \frac{x}{3}\right)}$$

$$x^2 = \frac{116700}{5333} = 21,8826$$

$$x = 4,68 \text{ cm}$$

$$h - a = 8 \cdot 4,68 = 14,04$$

also

$$h = 15,54 \text{ cm},$$

$$f_e = \frac{5}{8}\,x = 7,8 \text{ qcm}.$$

Es genügen 10 Stück 10 mm starke Rundeisen mit einem Querschnitt von 7,85 qcm auf 1 m Deckenbreite.

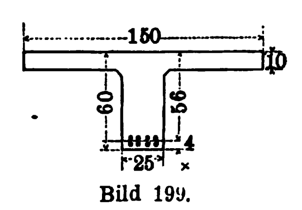


Bild 199.

3. Ein Plattenbalken von nebenstehenden Abmessungen sei bei 9,6 m Lichtweite und 10,0 m Stützweite durch eine Nutzlast von 500 kg/m in einem Geschäftshause belastet. Die Eiseneinlagen, bestehend aus acht Rundeisen von 2,2 cm Durchmesser, haben einen Gesamtquerschnitt von 30,4 qcm. Es sollen die größten Spannungen im Beton und im Eisen gefunden werden.

Das Eigengewicht setzt sich zusammen aus dem Gewicht des Plattenbalkens mit

(1,5 . 0,10 + 0,5 . 0,25) . 2400 = 660 kg

dem Gewicht der Ueberschüttung, 6 cm hohe gewalzte Schlacke . . . . . . . . . . . 36 kg

dem Gewicht des Zementfußbodens von 2 cm Stärke 40 „

dem Gewicht des Deckenputzes . . . . . . . . 14 „

für 1 qm zusammen 90 kg

also für 1,5 qm 1,5 . 90 = 135 „

dazu Nutzlast . . . . . . . . . . . . . . . 500 „

zusammen 1295 kg

oder rund 1300 kg für 1 m Balkenlänge.

Daher ist

$$M = \frac{1300 \,.\, 10^2 \,.\, 100}{8} = 1625000,$$

$$x = \frac{56 \,.\, 15 \,.\, 30,4 + \frac{150 \,.\, 10^2}{2}}{150 \,.\, 10 + 15 \,.\, 30,4} = 16,88 \text{ cm},$$

$$y = 16,88 - 5 + \frac{10^2}{6\,(33,76 - 10)} = 12,58 \text{ cm},$$

$$\sigma_e = \frac{1625000}{30,4 \,.\, 51,7} = 1034 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_b = 1034 \,.\, \frac{16,88}{15 \,.\, 39,12} = \text{rund } 30 \text{ kg/qcm}.$$

Die Querkraft am Auflager ist

$$V = \frac{9,6 \,.\, 1300}{2} = 6240 \text{ kg}.$$

Daher ist die Schubspannung im Beton:

$$\tau_0 = \frac{V}{b_1\,(h - a - x + y)} = \frac{6240}{25\,(56 - 16,88 + 12,58)} = \text{rund } 5 \text{ kg/qcm}.$$

Der zulässige Wert der Schubspannung wird also etwas überschritten. Es empfiehlt sich, die Enden der vier oberen Eiseneinlagen aufzubiegen. Die Stelle, wo mit dem Aufbiegen zu beginnen ist, findet sich aus der Bedingung, daß an dieser $V_1$ nur sein darf

$$\frac{6240 \,.\, 4,5}{5} = 5616 \text{ kg}.$$

Dies ist erfüllt, wo

$$x = \frac{6240 - 5610}{1300} = \text{rund } 0,5 \text{ m ist.}$$

Die Haftspannung an den vier unteren Drähten beträgt am Auflager

$$\tau_1 = \frac{25 \,.\, 5}{4 \,.\, 3,14 \,.\, 2,2} = 4,5 \text{ kg/qcm}.$$

4. Ein durchgehender Plattenbalken auf vier Stützen mit untenstehendem Querschnitt werde mit 500 kg/m in einem Geschäftshause be-

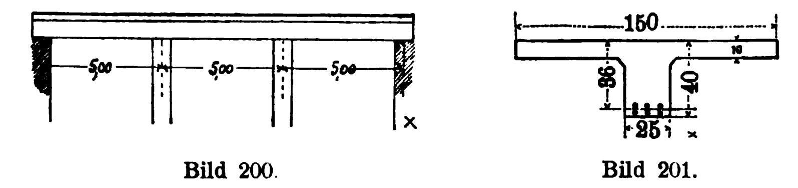



Bild 200. Bild 201.

lastet. Es sollen die größten auftretenden Spannungen im Beton und im Eisen ermittelt werden.

Das Eigengewicht für 1 m Balkenlänge beträgt:

| | |
|---|---|
| $(1{,}50 \cdot 0{,}10 + 0{,}30 \cdot 0{,}25) \cdot 2400 =$ | 540 kg |
| dazu die übrige ständige Belastung wie im vorigen Beispiel | 135 „ |
| zusammen | 675 kg; |

dann sind die Momente:

a) bei 0,4 l der ersten Oeffnung:

$$M_g = + 0{,}08 \cdot 675 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = + 134800$$
$$- M_p = - 0{,}02 \cdot 500 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = - 25000$$
$$+ M_p = + 0{,}10 \cdot 500 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = + 125000$$
$$\text{daher } M_{max} = + 259800.$$

b) über der Mittelstütze:

$$M_g = - 0{,}10 \cdot 675 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = - 168750$$
$$- M_p = - 0{,}11667 \cdot 500 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = - 145838$$
$$+ M_p = + 0{,}01667 \cdot 500 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = + 20838$$
$$\text{daher } M_{max} = - 314588,$$

c) in der Mittelöffnung:

$$M_g = + 0{,}025 \cdot 675 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = + 42188$$
$$- M_p = - 0{,}05 \cdot 500 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = - 62500$$
$$+ M_p = + 0{,}075 \cdot 500 \cdot 5{,}0^2 \cdot 100 = + 93750$$
$$\text{also } + M_{max} = + 135938$$
$$- M_{max} = - 20312$$

Hiernach berechnen sich die Spannungen:

a) Bei 0,4 l der ersten Oeffnung:

Die Eiseneinlagen bestehen aus 6 Rundeisen von 11 mm Durchmesser und 7,6 qcm Gesamtquerschnitt mit 4 cm Abstand von der Unterkante.

Da die Nullinie in die Platte fällt, wird ihre Lage mit Hilfe der Gleichung 2) gefunden aus

$$x = \frac{15 \cdot 7{,}6}{150}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 150 \cdot 36}{15 \cdot 7{,}6}} - 1\right] = 6{,}69 \text{ cm}.$$

$\sigma_b$ und $\sigma_e$ ergeben sich dann aus der Gleichung 4) und 5) zu

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 259800}{150 \cdot 6{,}69 \cdot 33{,}77} = 15{,}3 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_e = \frac{259800}{7{,}6 \cdot 33{,}77} = 1011 \text{ kg/qcm}$$

b) Ueber der Zwischenstütze:

Bild 202.

Für das negative Stützenmoment kommt, da der Beton keine Zugspannungen aufnehmen soll, nur der balkenförmige Teil des Querschnitts mit den nach oben verschobenen Eiseneinlagen in Betracht.

Die Ermittelung der Nullinie folgt wiederum aus Gleichung 2)

$$x = \frac{15 \cdot 7{,}6}{25}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 36}{15 \cdot 7{,}6}} - 1\right] = 14{,}1 \text{ cm}.$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 314588}{25 \cdot 14{,}1 \cdot 31{,}3} = 57 \text{ kg/qcm}.$$

$$\sigma_e = \frac{314588}{7{,}6 \cdot 31{,}3} = 1322 \text{ kg/qcm}.$$

Diese Spannungen überschreiten die zulässigen Grenzen; zu ihrer Herabminderung kann eine Vergrößerung der Eiseneinlagen vorgenommen werden. Vermehrt man sie um zwei weitere Rundeisen von demselben Durchmesser, so würde die Betonspannung 52 kg und die Eisenspannung 1072 kg/qcm betragen.

c) In der Mittelöffnung:

Das $+ M_{max} = 135938$ ist erheblich geringer als bei 0,4 l der ersten Oeffnung. Es genügen drei Rundeisen mit dem Gesamtquerschnitt 3,8 qcm. Dann ist

$$x = \frac{15 \cdot 3{,}8}{150}\left[\sqrt{1 + \frac{300 \cdot 36}{15 \cdot 3{,}8}} - 1\right] = 4{,}86 \text{ cm},$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 135938}{150 \cdot 4{,}86 \cdot 34{,}38} = 11 \text{ kg/qcm}.$$

$$\sigma_e = \frac{135938}{3{,}8 \cdot 34{,}38} = 1046 \text{ kg/qcm}.$$

Für das $- M_{max} = - 20312$ genügt es, einen Draht von 1,13 qcm Querschnitt in den oberen Teil zu legen. Dann wird

$$x = \frac{15 \cdot 1{,}13}{25}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 36}{15 \cdot 1{,}13}} - 1\right] = 6{,}33 \text{ cm},$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 20312}{25 \cdot 6{,}33 \cdot 33{,}89} = 8 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_e = \frac{20312}{1{,}13 \cdot 33{,}89} = 530 \text{ kg/qcm}.$$

5. Ein Eisenbetonpfeiler von 30 . 30 cm Querschnitt mit 4 Rundeisenstäben von 16 qcm Gesamtquerschnitt sei mit 30000 kg zentrisch belastet. Die auftretenden Beton- und Eisenspannungen sollen ermittelt werden.

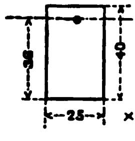


Bild 203.

$$30000 = \sigma_b\,(30\,.\,30 + 15\,.\,16)$$

$$\sigma_b = \frac{30000}{1140} = 26{,}3\ \text{kg/qcm},$$

$$\sigma_e = 15\,.\,26{,}3 = 395\ \text{kg/qcm}.$$

6. Derselbe Pfeiler soll auf Knicken untersucht werden, wenn seine Höhe 4 m beträgt.

In der Eulerschen Formel

$$P = \frac{\pi^2\,.\,E\,.\,J}{s\,.\,l^2}$$

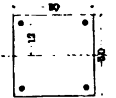


Bild 204.

ist für den Beton

$$E = \frac{2100000}{15} = 140000,$$

s = Sicherheitsgrad = 10 anzusetzen.

$$J = \frac{30^4}{12} + 15\,.\,4\,.\,4{,}00\,.\,12^2 = 102060,$$

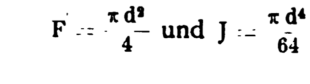
also

$$P = \frac{10\,.\,140000\,.\,102060}{10\,.\,160000} = 89308\ \text{kg}.$$

Da P nach dem vorigen Beispiel nur 30000 kg ist, so ist hinsichtlich des Betons keine Knickgefahr vorhanden. Damit auch bei den Eiseneinlagen ein Knicken nicht eintritt, muß sein:

$$\frac{\pi^2\,.\,E\,.\,J}{5\,l^2} = F\,.\,k.$$

Die Spannung k des Eisens hatte sich oben zu 395 kg/qcm gefunden. Da beim Rundeisen



$$F = \frac{\pi\,d^2}{4} \text{ und } J = \frac{\pi\,d^4}{64}$$

ist, so ist

$$\frac{J}{F} = \frac{d^2}{16}$$

und es wird die zulässige Knicklänge der Eisenstäbe

$$l = d\sqrt{\frac{10\,.\,2100000}{80\,.\,395}} = 25{,}8\,d.$$

Um daher ein Knicken der Eisenstäbe zu vermeiden, sind sie in Abständen von 25,8 . 2,26 = 58 cm durch Quereisen zu verbinden.

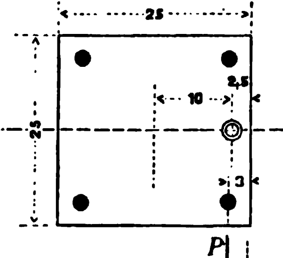


Bild 205.

7. Ein Eisenbetonpfeiler von 25 . 25 cm Querschnitt und mit vier Eiseneinlagen von 2 cm Durchmesser werde mit 5000 kg exzentrisch,

und zwar 10 cm aus der Mitte belastet. Es sollen die auftretenden Beton- und Eisenspannungen ermittelt werden.

Zur Lösung stehen die beiden Bedingungsgleichungen zur Verfügung:

1. Die Summe der äußeren und inneren Kräfte muß Null sein.

$$\Sigma V = 0.$$

2. Die Summe der statischen Momente der auf den die Querschnitt wirkenden Kräfte muß Null sein.

$$\Sigma \text{Mom.} = 0.$$

Ferner kommt die Bedingung in Betracht, daß die Spannungen sich verhalten wie die Abstände von der Nullinie, multipliziert mit dem Elastizitätsmaße, d. h.

$$\sigma_b : \sigma_{ed} = x : n(x - a)$$

$$\sigma_b : \sigma_{ez} = x : n(h - a - x)$$

Aus der Bedingung 1) ergibt sich dann:

a) $$P = \frac{bx}{2}\sigma_b + n f_e \sigma_b \left(\frac{x - a}{x} - \frac{h - a - x}{x}\right) = \sigma_b \left[\frac{bx}{2} + \frac{n f_e}{x}(2x - h)\right]$$

b) $$P(x - e) = \sigma_b \frac{x^2 b}{3} + n f_e \sigma_b \left[\frac{(x - a)^2}{x} + \frac{(h - a - x)^2}{x}\right]$$

$$= \sigma_b \left[\frac{b x^2}{3} + \frac{n f_e}{x}(2x^2 - 2hx + 2a^2 - h^2 - 2ah)\right].$$

Setzt man die aus diesen beiden Gleichungen sich ergebenden Werte von $\sigma_b$ einander gleich, so ergibt sich durch weitere Zusammenziehung:

$$\frac{b}{6 n f_e} x^3 - \frac{b \cdot e}{2 n f_e} x^2 - (2e - h)x = 2a^2 + h^2 - (2a + e)h$$

oder unter Einsetzung der Werte $b = 25$; $n = 15$; $f_e = 6{,}28$; $e = 2{,}5$; $h = 25$; $a = 3$:

$$\frac{25}{6 \cdot 15 \cdot 6{,}28} x^3 - \frac{25 \cdot 2{,}5}{2 \cdot 15 \cdot 6{,}28} x^2 + 20 \cdot x = 2 \cdot 3^2 + 25^2 - 8{,}5 \cdot 25.$$

$$x^3 - 7{,}5 x^2 + 452{,}16 x = 9784.$$

Die Auflösung geschieht am einfachsten durch Versuchen, und es findet sich so genau genug

$$x = 16{,}3 \text{ cm}.$$

Dann ist mittels Gleichung a):

$$5000 = \sigma_b \left(\frac{25 \cdot 16{,}3}{2} + \frac{15 \cdot 6{,}28}{16{,}3} \cdot 7{,}6\right)$$

$$\sigma_b = 20{,}2 \text{ kg/qcm}.$$

Dann wird:

$$\sigma_{ed} = \frac{15 \cdot 13{,}3 \cdot 20{,}2}{16{,}3} = 249 \text{ kg/qcm}.$$

$$\sigma_{ez} = 249 \cdot \frac{5{,}7}{13{,}3} = 107 \text{ kg/qcm}.$$

## Bemerkungen zu den ministeriellen Bestimmungen über die Ausführung von Eisenbetonbauten.

**Zu I, § 2, Ziffer 3.** Schlacken sind ungeeignet, da sie oft Schwefel enthalten, welcher mit den Bestandteilen des Zementes chemische Verbindungen eingeht, die das Eisen angreifen. Die Korngröße des Kieses muß den Abmessungen der Bauteile, der Stärke und der Entfernung der Eiseneinlagen angepaßt werden. Sie ist so zu wählen, daß eine vollständige Umschließung der Eiseneinlagen mit dichter Betonmasse möglich ist.

**Zu I, § 2, Ziffer 4 und § 4, Ziffer 1 und 2.** Es erscheint nicht zweckmäßig, als Maßstab für die Druckfestigkeit des Betons ein für alle Mal die nach 28 Tagen sich ergebende Würfelfestigkeit anzusehen, da diese Festigkeit von der Art des verwendeten Zementes (schnell oder langsam bindender), von der Witterung, von der Behandlung während der Erhärtung und vielen anderen Umständen wesentlich mit abhängig ist; da sich diese Abhängigkeit besonders in den ersten Wochen nach dem Einstampfen bemerkbar macht, wäre es wohl zweckentsprechend, wenn die Erhärtungsdauer der Betonproben verlängert würde.

**Zu I, § 5, Ziffer 2.** 1 cbm Portlandzement wiegt 1400 kg.

**Zu I, § 7, Ziffer 1.** Es genügt in statischer Hinsicht, wenn die Eiseneinlagen $^1/_2$ cm bis 1 cm — je nach der Stärke der Querschnitte — vom Rande entfernt bleiben und gut mit Zementmörtel umhüllt sind. Da es jedoch nicht angängig ist, dieses Maß bei der Ausführung genau einzuhalten, empfiehlt es sich, dasselbe stets etwas größer anzunehmen. Auch zum Schutze gegen Rost und gegen Erhitzen der Eisen bei Feuersbrunst ist dies zu empfehlen.

**Zu I, § 9.** Diese Vorschrift erscheint zu weitgehend. Einer der Hauptvorzüge des Eisenbetonbaues ist der, daß die Ausführung außerordentlich schnell bewerkstelligt werden kann. Die genaue Durchführung dieser Bestimmung würde, abgesehen davon, daß sie für das Bauwerk gewisse Nachteile im Gefolge haben könnte, eine derartige Verzögerung in der Bauausführung hervorrufen, daß die Anwendung von Eisenbeton bei mehrgeschossigen Gebäuden sich in den meisten Fällen von selbst verbieten würde. Es dürfte genügen, wenn die Schalung und Unterstützung der Bauteile erst dann entfernt wird, wenn eine genügende Erhärtung gewährleistet ist und die baupolizeiliche Abnahme erst nach Fertigstellung aller Geschosse erfolgt. Wichtig erscheint es dagegen, daß die Baupolizei auch nach erfolgter Rohbauabnahme ihr Augenmerk auf die Eisenbetonausführungen richtet, damit diese nicht durch die inneren Ausbauarbeiten (Einstemmen von Rohren, Dübeln etc.) an ungeeigneten Stellen zerstört werden.

**Zu II, B 2 und 4.** Die Vorschrift, daß als Stützweite die um die Deckenstärke bezw. Auflagerlänge vergrößerte Spannweite anzunehmen ist, ist in der Praxis außerordentlich unbequem. Abgesehen davon, daß die Auflagerlänge bezw. Deckenstärke vorher nur geschätzt werden kann, sind die so ermittelten Belastungen, insbesondere die Auflagerdrucke, im späteren Verlauf der Berechnung nicht mehr zu benutzen, da sie zu groß sind. Die beabsichtigte Sicherheit wird auch erreicht, wenn die lichte Spannweite der Berechnung zugrunde gelegt wird, und das so ermittelte Moment am Schluß um einen bestimmten Satz erhöht wird. Dasselbe Ergebnis würde z. B. erzielt werden, wenn das berechnete Moment im Verhältnis der Quadrate der wirklichen und der nach den ministeriellen Bestimmungen anzunehmenden Spannweite vergrößert würde. Wenn z. B. für einen Unterzug von der lichten Spannweite 3 m ein Moment von 900 000 cm/kg berechnet worden ist, so wäre dieses Moment bei einer beiderseitigen Auflagerlänge des Unterzugs von 30 cm zu erhöhen auf

$$M = \frac{900000 \cdot 330^2}{300^2} = 1089000 \text{ cm/kg}.$$

**Zu II, B 3.** Wenn Platten über mehrere Felder kontinuierlich durchgehen, sollte das Moment in den Mittelfeldern noch niedriger als $\frac{p\,l^2}{10}$ angenommen werden, da bei guter Ausführung die Einspannung über den Auflagern auf alle Fälle gewährleistet ist.

**Zu II, B 5.** Die Breite des zum Unterzug zu rechnenden Plattenteiles von der Länge des Unterzuges abhängig zu machen, erscheint nicht zweckmäßig. Die Breite müßte vielmehr in erster Linie von der Stärke der anschließenden Platten abhängig gemacht werden, auch müßte die Druckbeanspruchung, welche die Platte erhält, hierfür mit maßgebend sein. Ferner wird es darauf ankommen, ob nicht etwa zwei gleichgerichtete Spannungen zusammentreffen, oder ob sich nicht etwa Zug- und Druckspannungen rechtwinklig treffen. In beiden Fällen würden die Beanspruchungen eine Formänderung in gleichem Sinne bewirken. Des weiteren dürfte die mit zu rechnende Plattenbreite wesentlich davon abhängig zu machen sein, ob sich auf beiden Seiten Platten anschließen, oder nur auf einer. Im letzten Falle kann jedenfalls nur ein kleines Stück der Platte mit gerechnet werden, und die Rippe selbst muß möglichst breit gemacht werden, um größeren Widerstand gegen Verdrehung zu besitzen.

**Zu II, D 2.** Eine 10fache Sicherheit bei Eisenbetonstützen dürfte nicht erforderlich sein. Es ist dies dieselbe Sicherheit, die bei Betonpfeilern ohne Eiseneinlagen im allgemeinen angewendet wird. Diese Vorschrift ist wohl aus der Tatsache entstanden, daß die Bruchfestigkeit prismatischer Betonkörper mit der Länge der Prismen bedeutend abnimmt. Da aber durch Einlegen einer genügenden Anzahl von Bügeln die Bruchfestigkeit langer Prismen bedeutend erhöht und sogar bis über

die Würfelfestigkeit hinaus gesteigert werden kann, so dürfte auch hier 5fache Druck- und Knicksicherheit bei entsprechenden wagerechten Einlagen genügen. Sehr wichtig ist, daß die Enden der Bügel verbunden werden, sodaß sie gewissermaßen als Reifen wirken, die um die Betonsäule gelegt sind.

**Zu III, D 7.** Die hier entwickelten Formeln gelten nur, wenn die Last außerhalb der Kerngrenze des Querschnitts, aber noch im Querschnitt selbst angreift. Für andere Lagen des Angriffspunktes der Last sind die Formeln 37 bis 47 (I. Teil dieses Abschnittes) zu benutzen.

---

## Gesichtspunkte, welche gemäß der ministeriellen Bestimmungen für das Königreich Preußen vom 16. April 1904 bei der Berechnung von Eisenbetonkonstruktionen in Frage kommen.

Anmerkung: Die eingeklammerten Bezeichnungen verweisen auf die einschlägigen Stellen in den ministeriellen Bestimmungen bezw. auf die betr. Formeln in Teil I.

1. Eigengewicht des Eisenbetons = 2400 kg/cbm (II, A 1).
2. Auffüllung, Fußbodenbelag etc. nach Erfahrungssätzen (II, A 2).
3. Nutzlast eventl. bis zu 100 v. H. erhöhen (II, D 1, a bis c),
4. Spannweite = lichte Auflagerlänge + Deckenstärke bezw. Auflagerlänge (II, B 2 und 4).
5. Stützweite kontinuierlicher Decken und Unterzüge von Mitte zu Mitte Stütze (II, B 2).
6. Moment kontinuierlicher Decken und Unterzüge $^{4}/_{5}$ des Wertes bei frei aufliegenden Decken und Unterzügen (II, B 3).
7. Breite des Obergurtes bei T-förmigen Plattenbalken höchstens $^{1}/_{3}$ der Balkenlänge (II, B 5).
8. Nachweis der Schub- und Haftspannungen; wenn nötig Einlagen zur Aufnahme der Schubspannungen (II, C 3, Formel 30 bis 34).
9. Zulässige Druckbeanspruchung bei Biegung $^{1}/_{5}$, bei Druck in Stützen $^{1}/_{10}$ der Druckfestigkeit, Schub- und Haftbeanspruchung 4,5 kg, Beanspruchung des Eisens 1200 kg/qcm (II, D 1 bis 4).
10. Bei Stützen Berücksichtigung einseitiger Belastung (II, B 6, Formel 35 bis 47).
11. Berechnung der Stützen auf Knicken, wenn ihre Höhe größer als das 18fache der kleinsten Querschnittsabmessung ist (II, C 5, Formel 41).
12. Mindestentfernung der Bügel 30mal Eisendurchmesser (II, C 5).

# Anwendung des Betons und Eisenbetons.

Als der Betonbau noch in den Kinderschuhen steckte, ging man nur zögernd an die Ausführung von reinen Betonbauten heran. Man hatte zwar bald erkannt, daß der Betonbau gegenüber den bisher gebräuchlichen Bauweisen entschiedene Vorteile darbot; jedoch war man in der Behandlung des neuen Baustoffes noch nicht soweit vorgeschritten, daß man sich an größere Aufgaben heranwagte, außer, wenn es galt, Gründungsbauten, insbesondere für den Wasserbau, auszuführen. Man hielt den Betonbau zu diesem Zweck für wohlgeeignet, aber man konnte sich von der Vorstellung nicht freimachen, daß der Portlandzementbeton nur für Wasserbauten brauchbar sei, und es verging eine geraume Zeit, bevor man zu der Erkenntnis gelangte, daß der Portlandzement nicht nur einen guten Wassermörtel, sondern auch bei richtiger Behandlung einen guten Luftmörtel ergibt.

Eine der wertvollsten Eigenschaften des Betonbaues erkannte man erst viel später, nämlich die Eigenschaft, daß ein aus Beton hergestelltes Bauwerk mit der Zeit, im Gegensatz zu den übrigen Baustoffen, eine hohe Festigkeitszunahme zeigte, und als man weiter die Beobachtung machte, daß auch bei Hochbauten diese schätzenswerte Eigenschaft zum Ausdruck kam, zögerte man nicht länger, den Beton auch für diesen Zweck anzuwenden.

Vorerst beschränkte man sich allerdings darauf, den Betonbau nur dort anzuwenden, wo es sich um die Herstellung eines durch seine Masse wirkenden Bauwerkes handelte. Die aus reinem Beton hergestellten Bauwerke aus den früheren Zeiten haben im Aeußeren alle etwas Plumpes und Massiges an sich. Erst viel später wagte man, auch bei Bauteilen geringerer Abmessung den Beton als alleinigen Baustoff zu benutzen, aber fast immer verzichtete man dabei auf die äußere feingegliederte Ausgestaltung des Betonbauwerkes, weil man noch nicht so weit vorgeschritten war, die Gestaltungsfähigkeit des Betons richtig zu erkennen.

Als Monier den Eisenbetonbau erfand, wurde die Anwendung des Betons auf eine andere Grundlage gestellt. In Verbindung mit dem Eisen, welches die im Bauwerk auftretenden Zugspannungen aufnimmt, war man bald imstande, die bisher oft recht ungefügen und den Gesetzen der Schönheit wenig entsprechenden Formen des reinen Betonbaues zu ver-

bessern, und immer kühnere Bauten erhoben sich aller Orten. Heute kann man sagen, daß dem Betonbau, vor allem dem Eisenbetonbau, kein Gebiet mehr fremd ist, und täglich entstehen Bauwerke, deren Ausführung früher mit den alten Baumitteln kaum möglich gewesen wäre. Aufgaben, an welche der Baufachmann noch vor wenigen Jahrzehnten nur zögernd herantrat, löst der Eisenbeton heute spielend. Die guten Erfahrungen, die man mit dem Betonbau gemacht hat, spornten die Bauleute zu immer größeren Leistungen an, und wenn auch hier und da Mißerfolge zu verzeichnen waren, so brach sich doch bald die Ueberzeugung Bahn, daß diese Mißerfolge lediglich daher rührten, daß es in den einzelnen Fällen an der genügenden Sachkenntnis gemangelt hatte.

Die Entwickelung des Beton- und Eisenbetonbaues in Deutschland stand noch ein besonderer Umstand entgegen. Es war dies der Widerstand, den die Baubehörden dem Betonbau entgegensetzten, und der deutsche Betonbauunternehmer hatte mit großen Vorurteilen zu kämpfen, bevor es gelang, den deutschen Betonbau auf eine sichere Grundlage zu stellen. Erst die sich mehrenden guten Erfolge, welche man mit dem Betonbau anderwärts erzielte, gaben den maßgebenden Stellen Veranlassung, der neuen Bauweise näherzutreten, und als die Unternehmer sich zu gemeinsamem Tun in festgeschlossene Verbände vereinigten, um den Widerstand der Behörden zu besiegen, da war endlich das Eis gebrochen, und wenn auch in Deutschland der Betonbau nur langsam erstarkte, so ist doch die fortschreitende Entwickelung nicht zu verkennen. Insbesondere waren es zwei große Vereine, welche seit Jahren das Ziel, dem Betonbau Geltung zu verschaffen, verfolgten, der Verein deutscher Portlandzementfabrikanten und der Deutsche Betonverein, welche unablässig bemüht waren, aufklärend und bahnbrechend auf dem Gebiete des Betonbaues vorzugehen, um den Behörden das Widersinnige der Bekämpfung des Betonbaues vor Augen zu halten.

Es war eine befreiende Tat, als der verstorbene Minister Budde die im vorigen Abschnitt ihrem Wortlaut nach mitgeteilten Bestimmungen für die Berechnung und Ausführung von Eisenbetonbauten am 16. April 1904 erließ, und ihre volle Tragweite für die weitere Entwickelung des Eisenbetonbaues wird erst dann richtig gewürdigt werden, wenn diese Bestimmungen den Bedürfnissen der Praxis noch besser als bisher angepaßt werden. Dies wird sich in einigen Jahren sozusagen von selbst ergeben, und die deutsche Eisenbetonindustrie hat alle Ursache, dem verstorbenen Minister auch über das Grab hinaus dankbar zu sein.

---

## Straßenbau.

Bei der Herstellung von Fahrstraßen, gleichgiltig ob sie mit Pflaster versehen werden oder einen Asphaltbelag erhalten sollen, ist die sorgsame Ausführung eines guten Unterbaues die erste Bedingung für die

gute Ausführung. Wenn man den Unterbau nicht sachgemäß hergestellt hat, kann man zur Straßendecke die besten Baustoffe verwenden, und man wird trotzdem keine dauerhafte Straße erhalten. Die Stöße der sich auf der Straßendecke fortbewegenden Wagen pflanzen sich bis in den Unterbau fort und werden schädigend wirken, wenn dieser nachgibt, was dann stattfinden wird, wenn kein fester Boden der Straße zur Unterlage dient. Bei Packlagen aus Naturgesteinen, selbst wenn diese noch so gut ausgeführt sind, wird bei der Uebertragung des Stoßes der von diesem getroffene Stein dem Stoße gern ausweichen und durch diese Nachgibigkeit auch die Straßendecke veranlassen, nachzusinken. Auf diese Weise entstehen nach und nach Mulden, in denen sich das Tageswasser ansammelt. Beim weiteren Befahren einer solchen mit Mulden versehenen Straße werden die Stöße natürlich für die Erhaltung der Straße mit jedem Tage nachteiliger, sodaß bald von einer ordnungsmäßigen Fahrstraße keine Rede mehr sein kann.

## Unterbau.

Allen diesen Nachteilen geht man aus dem Wege, wenn man den Unterbau aus Beton herstellt. Denn da dieser nach der Erhärtung in der ganzen Ausdehnung der Straße aus einem Stück besteht, werden die Kräfte, welche durch die Stöße der Wagenräder auf die Unterlage einwirken, von diesem aufgenommen und gleichmäßig verteilt, sodaß ein Entstehen von Mulden und schadhaften Stellen im Pflaster ausgeschlossen ist. Allerdings muß auch hier auf eine sachgemäße Ausführung der Betonarbeiten bedacht genommen und nicht etwa eine minderwertige Mischung verwendet werden, da sonst der Zweck, nämlich die Einheitlichkeit des Unterbaues, verloren geht. Die Betonunterlage muß von vornherein dem Querschnitt der Straße entsprechend gestampft werden, also in der Mitte am stärksten und nach den Bordkanten zu sich verjüngend. Ehe man die Straßendecke aufbringt, muß der Beton vollständig abgebunden haben, damit die aus dem Boden in ihn eindringende Feuchtigkeit im Winter bei starkem Frost dem Beton nicht mehr nachteilig werden kann. Ist der Beton zu porös, so wird er gleich einem Schwamme begierig die Erdfeuchtigkeit aufsaugen und seine Poren mit Wasser anfüllen. Dringt nun ein harter Frost durch die Straßendecke in den Betonunterbau, so wird das Wasser gefrieren und die benachbarten Betonteile auseinander reißen. Hierdurch wird der Beton mürbe, zerfällt und erfüllt den von ihm erhofften Zweck nicht mehr, indem der nunmehr bröcklige Unterbau nicht mehr imstande ist, den Druck gleichmäßig auf den Erdboden zu übertragen und somit Veranlassung dazu gegeben wird, daß sich in der Straßendecke Mulden und schadhafte Stellen bilden. Vielfach wird auch insofern ein Fehler bei der Herstellung des Betonunterbaues begangen, als man in dem Bestreben, das Abbinden des Betons zu beschleunigen, zu weit oder vielmehr ganz falsch

vorgeht, indem man durch geheizte eiserne Walzen die nassen Stellen des Betons trocknen will. Es ist jedem Fachmann klar, welcher große Fehler hierdurch begangen wird, weil dem Beton dabei das Wasser, welches er zum Erhärten notwendig hat, gewaltsam entzogen wird. Vielmehr soll man das zu schnelle Entweichen des Wassers aus dem Beton dadurch zu verhindern suchen, daß man über die ganze Betonfläche nasse Säcke legt oder sie durch nassen Sand schützt, bis der Beton abgebunden hat. Wie lange die Zeit zu bemessen ist, muß durch Versuche festgestellt werden, jedenfalls ist aber eine Zeit von acht Tagen viel zu kurz.

Die Stärke des Unterbaues richtet sich zunächst nach der Beschaffenheit des natürlichen Untergrundes, auf welchen die Straße zu liegen kommt. Ist ein guter tragfähiger Untergrund vorhanden, so wird die Stärke des Betonunterbaues geringer sein können, als wenn die Straße über aufgeschüttetes Gelände führt. Ferner aber spielen auch die Verkehrsverhältnisse eine große Rolle. Je mehr die Straßendecke beansprucht wird, um so mehr hat natürlich auch der Unterbau auszuhalten, und um so kräftiger muß er ausgebaut werden. Endlich ist auch die Art des Baustoffs, aus welchem die Straßendecke besteht, hierbei von großer Bedeutung. Während bei gutem Kopfsteinpflaster aus Naturgestein der Unterbau nur eine geringe Höhe zu haben braucht, muß er bei Auflage einer nur dünnen Asphaltschicht naturgemäß stärker sein. Zuletzt sei noch erwähnt, daß an Orten, wo der Frost nicht eindringen kann, wie Durchfahrten, Werkstätten und dergl., die Betonmischung zum Unterbau nicht so fett zu sein braucht, als bei ungeschützter Strecke.

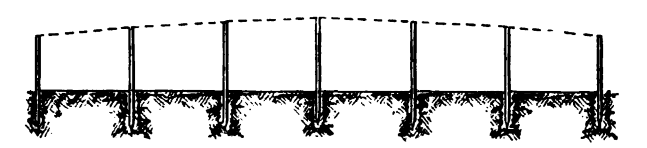


Bild 206. Festlegung des Straßenquerschnittes durch Pfähle.

Gewöhnlich mischt man den zum Unterbau zu verwendenden Beton durch Hand auf Bretterunterlagen, sogenannten Pritschen (vergl. Seite 98), die man je nach Bedürfnis und Fertigstellung des Unterbaues zurückschiebt, um weiter arbeiten zu können. Wo es indessen irgend angängig ist, sollte man es nicht unterlassen, sich einer bewährten, fahrbaren Betonmischmaschine zu bedienen, wie solche auf den Seiten 101—140 erwähnt wurden. Hauptsächlich sind sie dann unentbehrlich, wenn es sich um die Herstellung großer Straßenstrecken handelt, insbesondere weil diese Maschinen Gewähr für eine sachgemäße Mischung leisten. Andere Vorteile der Maschinenmischung sind schon früher in dem Abschnitt „Maschinenmischung“, Seite 101—140 aufgezählt worden. Vor dem Aufschütten des Betons auf die Straßenbaufläche ist diese zunächst sorgsam einzuebnen. Darauf werden dem Querschnitt des Betonunterbaues entsprechend in geeigneten Abständen Pfähle eingeschlagen, die so weit eingetrieben oder abgesägt werden, daß ihre Oberkanten die Oberkante

der zu stampfenden Betonmengen angeben, wie Bild 206 zeigt. Ebenso wiegt man sich in der Längsrichtung der zu erbauenden Straße Pfähle ein, die den betreffenden Querschnittspfählen entsprechen, sodaß man dadurch die Höhen für einen Teil der ganzen Baufläche hat. Nunmehr beginnt man mit dem Aufschütten des Betongemenges und dem Stampfen. Dieses geschieht in der üblichen auf Seite 145 und ff. schon beschriebenen Weise. Häufig wird das Betongemenge sehr feucht verarbeitet. Es ist dies aber weniger gut, weil naturgemäß der Unterbau dann längere Zeit zum Trocknen nötig hat, als wenn mäßig feuchtes Betongemenge verwendet wird. Der Betonmischung muß unter allen Umständen Zeit zum richtigen Abbinden gelassen werden, und man darf ihr nicht künstlich das Wasser entziehen, wie schon vorher erwähnt wurde.

Soll der Beton unmittelbar die Straßendecke aufnehmen, wie z. B. bei Asphaltstraßen, so muß die Oberfläche des Betonunterbaues gut geglättet werden. Die eingewogenen Pfähle dienen dabei als Lehrpunkte, einerseits in der Querrichtung, in der man sich ebenso wie beim Putzen einen dünnen Betonstreifen von etwa 10 cm Breite am Scheitel als Lehre schafft, wobei man zwischen diesem und dem schon vorher gestampften Teil des Unterbaues weitere Betonmischung einfüllt, nach dem Richtscheit abgleicht und stampft. Befürchtet man, daß durch den Beton Wasser aufgesogen und zum Schaden der Straßendecke an der Oberfläche wirken könnte, so bringt man auf die Betonschicht noch eine 1—2 cm starke Deckschicht aus Zementmörtel, die mittels Reibebrettern blank gerieben, aber nicht geglättet wird. Die Fläche muß so aussehen, wie eine geputzte Wand, aber nicht wie ein mit Stahlkellen geglätteter Fußboden.

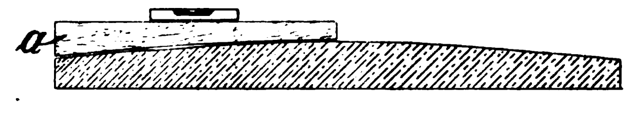


Bild 207. Anwendung des Schwellenrichtscheites.

Aber nicht allein den Unterbau der Straße, sondern auch die Straßendecke selbst stellt man aus Beton her. Der Unterbau ist dabei derselbe; nur wird die Straßendecke aus einem Betongemenge von scharfem Granitkies und reinem Zement hergestellt. Die Stärke der Decke beträgt etwa 6 cm. Zur Herstellung bedient man sich der sogenannten Schwellungsrichtscheite a, wie im Bilde 207 angeführt. Man geht dabei in der Weise vor, daß man zunächst eine Lehre der Art herstellt, wie sie dem Querschnitt der vollständigen Straße genau entspricht. Das Schwellenrichtscheit a, Bild 207, besteht aus einem Brett, welches an seiner unteren Seite einen Ausschnitt hat, der genau der Wölbung der halben Straßenbreite entspricht. Die obere Kante des Schwellenrichtscheites muß in der Wage liegen, wenn das Richtscheit richtig angehalten ist. Man hat dann also nur nötig, von einem Festpunkte an der Bordseite des Straßenbaues die Stärke der Straßendecke nach oben hin abzustecken,

den Fußpunkt des Richtscheites a hier anzuhalten und das Schwellungsrichtscheit einzuwiegen. Dann legt man sich den Fußpunkt in der Mitte, vielleicht durch Anschreiben an einen Pfahl, fest und beginnt mit dem Auftragen der Betonmasse zwischen diesen beiden Punkten. Die überflüssige Masse wird an Stellen gebracht, wo noch nicht genügend vorhanden ist, und dabei durch häufiges Anlegen des Richtscheites festgestellt, ob die gewünschte Höhe und der erforderliche Querschnitt erreicht ist. Da der Beton dann gestampft wird, so überhöht man die Anschüttung um einige Zentimeter und überzeugt sich wieder nach dem Stampfen, ob die Wölbung der Lehre, die oben etwa 10—15 cm breit ist, genau dem Ausschnitt des Schwellungsrichtscheites entspricht. Ist auf diese Weise die eine Hälfte der Straße fertiggestellt, so schwenkt man das Richtscheit um die Mitte um 180° herum und fertigt auf dieselbe Weise die zweite Hälfte der Lehre an.

In lichten Abständen von etwa 1—1,50 m in der Längsrichtung der Straßenachse, die der Pfeil im Bilde 208 angibt, legt man nun in derselben Weise weitere Lehren an und beginnt dann den zwischen zwei Lehren L befindlichen Raum mit Betonmasse auszufüllen unter Berücksichtigung der für das Stampfen notwendigen Ueberhöhung. Danach glättet man mit einem Richtscheit, welches an beiden Enden Absätze b hat, die der Ueberhöhung für die lose Betonfüllung entsprechen, indem die Ansätze auf den Lehren L entlang streichen (vergl. Bild 208 oben). Hierauf wird die ganze Fläche eingestampft, wobei man sich durch Vergleich mittels eines gewöhnlichen Richtscheites überzeugt, ob die Decke zwischen den beiden Lehren genau bis an die Unterkante des Richtscheites stößt. Etwaige Erhöhungen beseitigt man durch Nachstampfen, Vertiefungen durch Auffüllen neuer Betonmasse auf den vorher aufgerauhten Beton. Die aufgefüllte Masse muß dann wieder so lange gestampft werden, bis die gewünschte Höhe erreicht ist. Bei einiger Uebung geht diese Arbeit schnell von statten. Erforderlichenfalls reibt man die ganze Fläche mit dem Reibebrett ab, indem man mit einem Pinsel oder einer Sprengbürste wenig Wasser auf die Oberfläche gibt und mit dem Reibebrett verreibt. Einen praktischen Nutzen hat das Glattreiben nicht, vielmehr kann durch unvorsichtiges Reiben dadurch Schaden angerichtet werden, daß Teile des Granitkieses, die durch das Stampfen in eine feste Lage gebracht worden waren, aus dieser wieder entfernt oder mindestens in dieser gelockert werden. Nach der Fertigstellung muß man der Deckschicht genügend Zeit zum Abbinden lassen und für Zufuhr des zum Abbinden notwendigen Wassers dadurch sorgen, daß man nasse Säcke über die ganze Betonfläche ausbreitet, deren Feuchtbleiben durch häufiges Ueber-

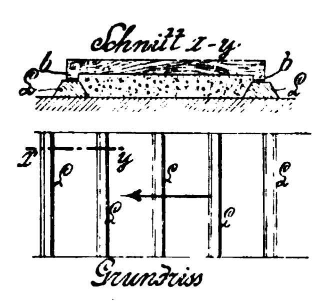


Bild 208. Zuglehre.

sprengen gesichert wird. Die fertige Straße darf erst nach 10—14 Tagen dem Verkehr übergeben werden, wobei man gut tut, in der ersten Zeit der Benutzung die Straßenoberfläche mit einer stärkeren Schicht von nassem Sand zu bedecken, der aber stets feucht gehalten werden muß.

Ein anderes Verfahren, Straßen aus Beton herzustellen, ist das nach dem Patent Jantzen. Hierbei geschieht das Stampfen nicht von oben herab, sondern von der Seite her, wie aus den Bildern 209 und 210 ersichtlich ist. Zunächst soll der Vorteil des Verfahrens darin bestehen, daß man durch die eisernen Blechlehren eine gleichmäßig gestampfte, voll-

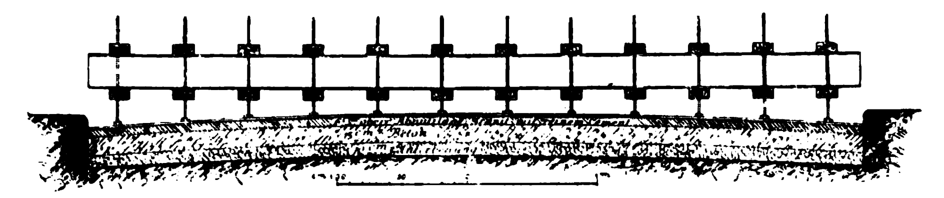


Bild 209. Stampflehre nach Jantzen.

ständig ebene Decke erhält. Dieses ist, wie schon erwähnt, bei den von oben gestampften Decken nicht immer der Fall, da Mulden durch Auffüllen von Mörtel beseitigt werden müssen, während Erhöhungen durch Nachstampfen ausgeglichen werden. Als zweiter Vorzug wird die Schnelligkeit der Ausführung hervorgehoben. Endlich soll man eine derartige Decke schon nach einem Zeitraum von 8 Tagen in Gebrauch nehmen können. Die Herstellung geschieht in der Weise, daß man eine Eisenschablone, welche durch schwere eiserne Träger belastet wird, auf eine vorhandene Lehre oder einen bereits fertigen Teil der Straßendecke bringt und diese soviel überstehen läßt, daß man mit dem besonders ausgebildeten Stampfer die untergeschüttete Betonmasse noch gut feststampfen kann. Erleichtert wird dieses dadurch, daß der vordere Rand der Lehre aufgebogen ist. Damit durch den Stampfer der Beton des Unterbaues nicht beschädigt wird, legt man einen etwa 1 m breiten Blechstreifen auf den Unterbaubeton. Das Weiterrücken der Schablone geschieht durch Winden. Unser Bild 210 gibt eine klare Vorstellung, wie der Arbeitsvorgang bei der Herstellung von Straßen mittelst der Jantzenschen Vorrichtung sich abspielt.

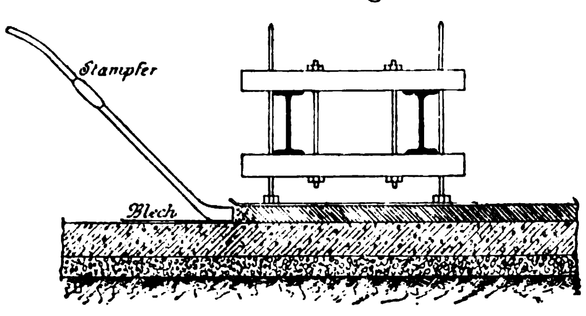



Bild 210 Seitenansicht der Stampflehre nach Jantzen.

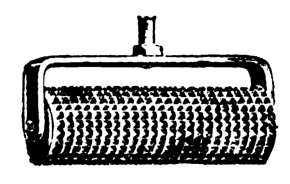
Erfahrungsgemäß erfordern sachgemäß in Stampfbeton hergestellte Straßen bedeutend weniger Instandhaltungskosten als alle anderen Straßen-

bauten. Bei starkem Verkehr mit schwerem Fuhrwerk fällt dieser Umstand sehr ins Gewicht und gleicht leicht die höheren Anlagekosten wieder aus. Außerdem zeichnen sich solche Straßen, besonders wenn sie mit Asphaltdecke versehen sind, durch Geräuschverminderung gegenüber anderen Straßen vorteilhaft aus, ein Vorzug, der hauptsächlich in großen Städten nicht hoch genug anzuschlagen ist. Demgemäß finden Betonstraßen auch in Gegenden, wo natürliche Pflastersteine billig zu haben sind, immer mehr Verbreitung.

## Bürgersteige aus Beton.

Die guten Erfahrungen, die man bei der Herstellung von Fahrstraßen mit dem Beton gemacht hat, führten bald dazu, auch Bürgersteige aus Beton herzustellen. Da indessen in vielen Städten unter den Bürgersteigen die Gas- und Wasserleitungen, sowie die Fernsprechkabel eingebettet werden und bei etwaigen Ausbesserungen dann der Betonbelag zerstört werden muß, so sieht man bei solchen Bürgersteigen meistens vom Aufbringen einer zusammenhängenden Betonschicht ab und verwendet lieber Zementplatten oder Zementfliesen. Indessen kann man, wenn die vorstehend erwähnten Umstände es gestatten, die Gehwegsbefestigungen aus einer einheitlichen Betonplatte, ähnlich wie bei Fahrstraßen, herstellen. Man muß aber dafür sorgen, daß der Frost durch Heben des Unterbodens den Beton nicht schädigen kann. Es ist deshalb ein etwa 30 cm starker Erdaushub notwendig. Als unterste Füllung verwendet man entweder eine Steinschotterschicht, auf welche man eine Schicht mageren Betons bringt oder man nimmt von vornherein eine magere Betonschicht als Unterfüllung, auf deren Oberfläche dann eine Kiesbetonschicht von etwa 5 cm Stärke aufgebracht wird, welche man in feuchtem Zustande mit Kellen glattstreicht, mit der Zementpätsche fest pätscht oder walzt und bügelt. Da nun aber für Gehwege eine glatte Zementoberfläche nicht erwünscht ist, so rauht man die noch bildsame Betonschicht nach dem Bügeln mittels der Handrauhplatte (Damier) Bild 211 oder der Rauhwalze, vergl. Bild 212, auf. Beide Werkzeuge sind, soweit sie mit dem Zement in Berührung kommen, aus Messing hergestellt und müssen gut mit Formöl bestrichen werden, um ein Anhaften des Betons an die Formwerkzeuge zu verhindern. Wünscht man der Betondecke den Schein zu geben, als bestände sie aus einzelnen Platten oder Fliesen, so stellt man mittels des Fugeneisens, wie es Bild 213 zeigt, oder der Fugenwalze (siehe Bild 214) unter Zuhilfenahme eines Richtscheites Fugen her, indem man das Werkzeug am Richtscheit entlang führt und in die noch weiche Betonmasse eindrückt.


Bild 211.
Handrauheisen.


Bild 212. Rauhwalze.

Bei der Herstellung von Betonbürgersteigen wendet man im Großen und ganzen dasselbe Verfahren als bei Fahrstraßen an. Den geringeren Anforderungen entsprechend sind natürlich die aufzubringenden Betonschichten von geringerer Stärke und man wendet weniger fette Betonmasse an. Des guten Aussehens wegen stellt man manchmal die obere Deckschicht in Terrazzo her, worüber näheres im nächsten Abschnitt gesagt werden soll. Da jedoch Terrazzoarbeiten sich ziemlich teuer stellen, begnügt man sich in der Regel mit der vorstehend beschriebenen Blendfugenteilung, die man mit einiger Geschicklichkeit auch in hübschen Linienmustern anbringen und dadurch die tote Fläche geschmackvoll beleben kann.

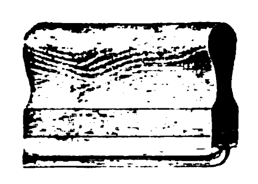


Bild 218. Fugeisen.



Bild 214. Fugenrolle.

## Terrazzo.

Unter Terrazzo versteht man eine Betonmischung, bei welcher die Zuschlagstoffe äußerlich mehr in die Erscheinung treten, als es beim gewöhnlichen Beton üblich ist. Er besteht in der Hauptsache aus linsen- bis bohnengroßen, eckigen Bruchstücken verschiedener Steinarten, die durch Zementmörtel in möglichst inniger gegenseitiger Berührung zusammengekittet sind.

Terrazzo wird zur Bekleidung von Wänden und Fußböden benutzt und meistens auf gewöhnlichen Beton verlegt, dessen Mischung ziemlich mager sein kann. Neben der genügenden Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung kommt die gute Farbenwirkung in erster Linie in Frage und man wird deshalb der Farbe neben der Wetterbeständigkeit der gewählten Zuschlagstoffe seine Aufmerksamkeit widmen müssen. Als Zuschlagstoffe wird man deswegen möglichst lebhaft gefärbte und harte Gesteine, wie Porphyr, Granit, harten Marmor, Syenit und ähnliche Stoffe bevorzugen und die Mischung so zusammensetzen, daß eine gute Farbwirkung entsteht, wenn nach dem Erhärten die Flächen geschliffen und poliert werden.

Außer den natürlichen mineralischen Zuschlagstoffen verwendet man auch zu Terrazzoarbeiten noch andere, z. B. zerkleinerte Porzellanscherben, Perlmutterstückchen, Metallbrocken aller Art und ähnliches. Bei der Auswahl der Terrazzokörner hat man hauptsächlich darauf zu achten, daß man Körner von gleicher Härte verwendet, da ungleich harte Gesteine beim Schleifen naturgemäß verschiedenartig angegriffen werden. So kann man z. B. nicht ein zertrümmertes Marmorgestein gleichzeitig mit Granittrümmern zur Herstellung von Terrazzo verwenden, wenn man nicht Gefahr laufen will, beim Schleifen eine völlig unbrauchbare, unebene Fläche zu erhalten. Die wichtigste Rolle spielt der Terrazzo als Fußbodenbelag für Innen- und Außenräume, aber auch zur Herstellung von anderen Bauteilen findet er Verwendung, z. B. als Belagplatten, Treppenstufen, Gesimsstücke, Tisch- und Konsolplatten und ähnlichem.

Zur Herstellung von Terrazzofußböden verwendet man Splitter oder kleine, ungefähr linsen- bis bohnengroße Stücke von den oben genannten Zuschlagstoffen, wobei Sorge getragen werden muß, daß sie von staubigen Bestandteilen befreit sind. Es ist ferner darauf zu achten, daß alle Korngrößen in dem Gemenge von etwa Linsengröße an aufwärts vertreten sind, damit der Terrazzoboden möglichst gleichartig in dem Farbengemisch ausfällt und das Verkittungsmittel so wenig als möglich in die Erscheinung tritt. Um dies völlig zu erreichen, setzt man dem verkittenden Zementmörtel Farbmittel der entsprechenden Grundfarbe zu. Wie weit man mit dem Farbenzusatz zu gehen hat, muß man bei wichtigeren Arbeiten zuerst durch Versuche feststellen.

Der zum Terrazzo zu verwendende Zement soll gut abgelagert sein. Die Gewißheit von der Erfüllung dieser Bedingung kann sich der Terrazzo-Hersteller am besten dadurch verschaffen, daß er selbst die Ablagerung des Zements überwacht. Hierbei ist in der Weise zu verfahren, daß man den Zement auf den Fußboden in einer Höhe von ungefähr 3 cm ausbreitet. Man läßt ihn 3 bis 4 Wochen lagern, wobei man ihn täglich 3 bis 4mal mit einem Rechen durchscharrt. Derartig vorbereiteter Zement zeigt später nach der Verarbeitung keine Ausschläge und erspart dem Hersteller von Terrazzo vielen Aerger über schlecht gelungene Ausführungen. Der Farbzusatz zum Zement wird dann dem abgelagerten Zement beigefügt, bevor der Zementmörtel mit den Terrazzostücken gemischt wird. Hierbei ist zu beachten, daß man von vornherein dafür sorgt, die genügende Menge zuzubereiten, damit die Farbe des Bindemittels später überall gleich ist. Da man beim Verlegen trockenen Zement über die Flächen sieben muß, muß man bei der Zubereitung danach die Menge bemessen. Zum Mischen der Terrazzokörner mit dem Zementmörtel bedient man sich vorteilhaft eiserner Kästen oder Wannen, die sorgfältig reingehalten werden müssen, wie überhaupt bei Ausführung aller Terrazzoarbeiten die größte Sauberkeit geboten ist. Unsere Bilder 215 bis 217 zeigen solche für Terrazzoarten vielfach erprobte Gefäßformen. In diesen Gefäßen macht man nun zunächst den Zement mit Wasser derartig an, daß eine dünnbreiige Masse entsteht, die weder zu dünnflüssig, noch so steif ist, wie man sie etwa als Mörtel beim Mauern benutzen würde. Alsdann schüttet man die entsprechende Menge gemischter Terrazzokörner hinzu, die man vorher durch Waschen mit klarem Wasser von allen staubigen Bestandteilen peinlichst gesäubert hat. Bei heller Grundfarbe ist besonders auf Staubfreiheit der Terrazzokörner zu achten, da die



Bild 215. Mischkübel.

Staubteilchen die hellen Farbtöne sehr nachteilig beeinflussen würden. Jetzt arbeitet man die ganze Masse mit einer Kelle gut durcheinander und füllt sie nach beendeter Mischung in eiserne Mulden nach Bild 217, um sie nach dem Verwendungsort zu schaffen. Es sei darauf hingewiesen, daß es vorteilhaft ist, nicht eine zu große Menge auf einmal anzumachen, um der Gefahr des zu schnellen Abbindens aus dem Wege zu gehen. Andererseits muß man aber bei dem mehrmaligen Anmachen darauf acht geben, daß der Terrazzomörtel immer von derselben gleichmäßigen Beschaffenheit ist, was man erreichen kann, wenn man gewissenhaft die einzelnen Teile, auch das Wasser, nach Gewicht- oder Raummassen in demselben Verhältnisse zur Verwendung gelangen läßt. Ist der Mörtel ungleichmäßig, d. h. einmal dünnflüssiger, das andere Mal breiiger, so kann die Arbeit niemals gleichmäßig ausfallen, und diese Ungleichmäßigkeit wird bei großen Flächen besonders störend auffallen.

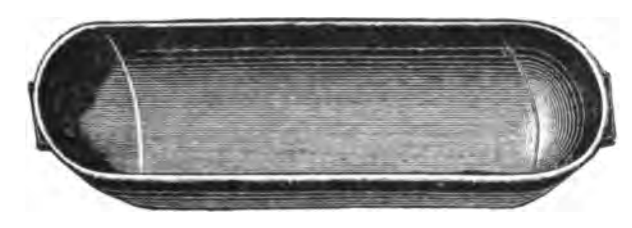


Bild 216. Mulde.

Die Unterlage, auf welche der Terrazzo gebracht wird, besteht in der Regel aus magerem Beton von einer Stärke, wie es die gegebenen Verhältnisse gerade erheischen. Um einer Verschwendung des teuren Terrazzomörtels vorzubeugen, ist es erforderlich, daß der Unterlagsbeton

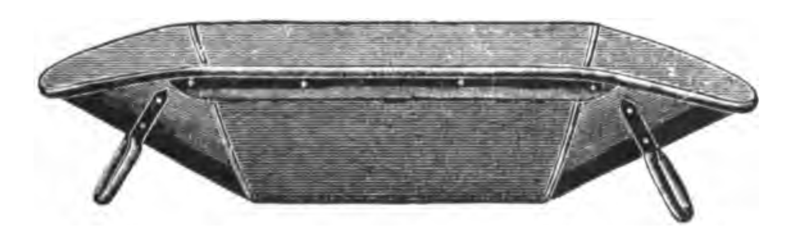


Bild 217. Mulde.

genau bis zu der Höhe gestampft ist, die notwendig ist, um durch Aufbringen des Terrazzo in der gewünschten Stärke von etwa 1,5 bis 3 cm die vorgeschriebene Fußbodenoberkante nach beendetem Abschleifen etwa 2 cm stark zu erreichen. Beim Auftragen des Terrazzomörtels bringt man zunächst nicht allzuviel Terrazzo auf, damit leichter eine recht gleichmäßige Verteilung desselben durch das biegsame Blatt einer geeigneten Kelle, wie sie Bild 218 zeigt, geschehen kann. Die Terrazzomasse streicht man mit der Rückseite der Kelle nach allen Seiten hin glatt und patscht nach Bedarf mit derselben erhöhte Stellen nieder. Dann greift man zum

Richtscheit, das aus Holz oder Eisen sein kann und zieht dasselbe über die frische Masse fort, dabei als Auflage hölzerne Lehrlatten benutzend, die man sich vorher genau nach der Wage, der Länge des Richtscheites entsprechend, verlegt hat. Hierbei wird man erkennen, welche Stellen noch hohl sind und weiter mit der Masse ausgefüllt werden müssen. Darauf streicht man die ganze Fläche mit der Rückseite der Kelle nochmals glatt, dabei immer mit dem Richtscheit die Ebenheit des frischen Auftrages prüfend und die Fehler beseitigend. Nach dieser Vorarbeit schreitet man zum Dichtklopfen des Terrazzos, was dadurch geschieht, daß man mit einem Brettstück, an dem ein Holzstiel handrecht befestigt ist, die ganze frische Fläche mit Ausnahme eines 15 bis 20 cm Streifens abpatscht, an welchen später der weitere Anschluß erfolgt. Das Abpatschen hat den Zweck, die einzelnen Teilchen eng aneinander zu treiben, das Bindemittel in die Zwischenräume zu bringen und auf diese Weise Hohlräume möglichst zu beseitigen. Bei größeren Flächen wendet man hierzu zweckmäßig eine Handwalze an, wie sie Bild 219 zeigt, mit der man die ganze Fläche nach allen Richtungen hin so lange überwalzt, bis genügend dicht gewalzt ist. Auch hier läßt man den Anschlußstreifen vorerst unberührt.

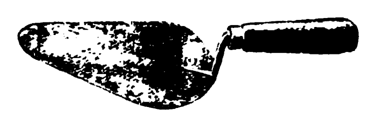


Bild 218. Terrazzokelle.

Hat man sich durch Prüfung mit dem Richtscheit überzeugt, daß das Terrazzostück die gewünschte ebene Beschaffenheit hat, und daß auch die Höhe der Fußbodenoberkante vorschriftsmäßig eingehalten ist, so geht man zum Verlegen eines weiteren Stückes in derselben Weise vor, wie soeben geschildert ist, bis die gesamte Fußbodenfläche mit Terrazzo bedeckt ist. Beim Abpatschen wird sinngemäß der liegen gebliebene Anschlußstreifen mitgepatscht. Das Liegenlassen des Anschlußstreifens hat den Zweck, einen tadellosen Anschluß herbeizuführen. Es braucht wohl nicht bemerkt zu werden, daß man größere Pausen beim Verlegen von Terrazzoflächen, wenn irgend tunlich, vermeiden soll, da die später abbindenden Teile dann beim Schleifen noch nicht die Härte der früher abgebundenen Schichten haben können, und so auch die Gleichmäßigkeit schwer beeinträchtigt wird. Bevor man die Arbeit in Angriff nimmt, überlege man sich, wie viel Zeit die Ausführung derselben beanspruchen wird, und ob man durch Anstellen von mehr Arbeitskräften die Arbeit so fördern kann, daß sie ohne Pause zu vollenden ist.

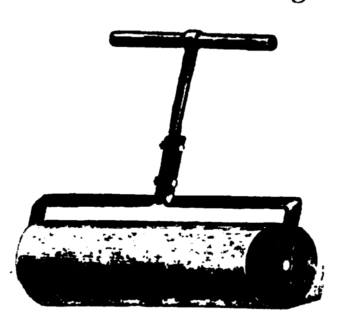
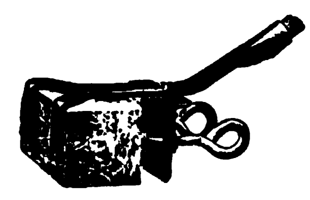
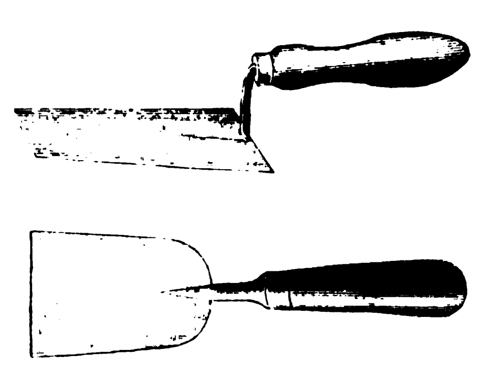


Bild 219. Handwalze für Terrazzoarbeiten.

Ist der Boden soweit fertig gestellt, so bleibt er bis zum Schleifen einige Tage liegen, und zwar je nach dem verwendeten Bindemittel und

der Jahreszeit, in welcher gearbeitet wurde, 3 bis 8 Tage. Hiernach beginnt das Vorschleifen, durch welches die im Mörtel gebetteten Steinkörner an der Oberfläche frei gerieben werden und dadurch ihre reizvollen Farben zur Geltung bringen können. Es ist einleuchtend, daß hierbei eine Schicht von der ganzen Fläche heruntergeschliffen werden muß, und man muß deshalb zunächst mit scharfen Steinen die Fläche bearbeiten, um die Arbeit schnell zu fördern. Die Schärfe der Steine, welche man zum Vorschleifen benutzt, richtet sich naturgemäß nach der Art und Härte der im Terrazzo befindlichen Steinteilchen. Bei sehr harten Steinen empfiehlt es sich, zur Beschleunigung der Schleifarbeit recht scharfen Sand von möglichst gleichartiger Korngröße aufzustreuen und diesen fortwährend unter den schleifenden Stein zu bringen. Die Zugabe von Wasser zum Schleifen soll nur ganz spärlich sein. Beim Schleifen von Fußböden spannt man den Stein zweckmäßig in eine Schleifzwinge, wie sie nebenstehendes Bild 220 darstellt. Am besten eignen sich zum Vorschleifen grobkörnige Sandsteine. Ist die ganze Fläche vorgeschliffen, so reinigt man dieselbe zunächst mittels Wasser und Steinbürsten und entfernt den auf ihr befindlichen Schleifschlamm. Hiernach wird man ersehen können, ob Fehler beim Schleifen entstanden sind und ob überhaupt schon genügend geschliffen ist. Fehlerhafte Stellen spachtelt man sorgfältig aus. Etwaige Verunreinigungen des Terrazzos durch zufällig hineingelangte Holzstückchen oder dergleichen müssen ausgestemmt und die entstandenen Löcher mit Terrazzo frisch ausgefüllt und eingestampft werden. Das Ausspachteln muß mit der gleichgefärbten Sorte Zement vorgenommen werden, welche man zum Anfertigen des Terrazzos benutzt und soll dazu dienen, etwaige Poren auszufüllen und den beim Schleifen abgeriebenen Zement zu ersetzen. Man verwendet hierzu steifbreiigen Zementmörtel, den man mit der Spachtelkelle oder dem Spachteleisen aufträgt (siehe Bild 221).


Bild 220. Schleifstein mit Zange.


Bild 221. Spachtelkelle und Spachteleisen.

Wenn man das Vorschleifen recht früh vornimmt, d. h. bald nach der Fertigstellung des Terrazzoaufbringens, so spart man sehr viel an Arbeit, da das Vorschleifen um so schneller von statten geht, wenn der Zement eben abgebunden und nicht schon längere Zeit gestanden hat und härter geworden ist. Allerdings wird bei dem frischeren Terrazzo der

Zement beim Vorschleifen ärger mitgenommen als bei älterem, härteren Zement. Dieses schadet aber durchaus nichts, weil durch das Spachteln die ausgeschliffenen Stellen vollständig wieder ausgeglichen werden und die ganze Fläche dadurch wieder eben wird. Als Spachtelmasse verwende man nur Zement, von dem man weiß, daß er keine Ausschläge gibt. Soll der Terrazzofußboden später hochglänzend werden, so beutle man den Spachtelzement vorher durch.

Sind die gespachtelten Flächen genügend erhärtet, so kann man mit dem Feinschleifen beginnen, doch soll man sich hierbei in acht nehmen, etwa zu früh zu schleifen, da hierdurch unter Umständen die ganze Arbeit arg beschädigt werden kann. Je härter der Zement ist, um so besser wird der Feinschliff. Vor allen Dingen ist aber beim Feinschleifen peinlichste Sauberkeit notwendig, da schon ein auf die Schleiffläche geratenes größeres Sandkorn die Mühe und Arbeit, welche das Schleifen gekostet hat, vergeblich machen kann. Zum Schleifen verwendet man feinkörnige Sandsteinsorten, von denen man zunächst die schärferen, später aber immer feinere gebraucht.

Zeigen sich jetzt noch fehlerhafte Stellen, so spachtele man sofort mit fein gebeuteltem Zement, der natürlich immer die entsprechende Grundfarbe haben muß, nach und schleife dann nach der zweiten Spachtelung, sobald diese genügend erhärtet ist, mit künstlichem Bimsstein oder gröberen Schlangenstein weiter. Beim Spachteln darf nie vergessen werden, das Loch von Staubkörnern gründlich zu reinigen, was am besten durch feuchtes Auspinseln und späteres Austupfen mit einem Schwamm geschieht.

Bei nicht ganz einwandfreien weicheren Terrazzostoffen, oder wenn an den Terrazzofußboden besondere Ansprüche auf Wetterfestigkeit gestellt werden sollen, ist es zweckmäßig, die ganze Fläche mit einem zweimaligen Magnesia-Fluatanstrich*) zu versehen, dem beim Polieren ein weiterer Anstrich mit Aluminiumfluat mit Vorteil zu folgen hat. Die Farben werden durch die Fluate in keiner Weise beeinflußt, wohl aber haben die Fluate den Vorteil, die Anfangserhärtung des Zementes zu beschleunigen, Rissebildung zu vermeiden und eine ziemlich bedeutende Nacherhärtung zu bewirken. Nachdem die Fluatanstriche, die in Abständen von je 24 Stunden auf dem trockenen Terrazzo zu erfolgen haben, etwa 2 bis 3 Tage eingewirkt haben, erfolgt ein Nachschleifen mit feinerem Schlangenstein, dem mit immer feineren Poliersteinen das Polieren bis zum Hochglanz folgt. Es sei noch besonders bemerkt, daß die Terrazzofläche zur Aufnahme der Fluate gut trocken sein muß, um den Fluatanstrichen Gelegenheit zu geben, recht tief in die Poren einzudringen. Sollten sich nach dem Einziehen auf der Terrazzofläche noch nasse Flecken zeigen, die durch zu starkes Auftragen von überschüssigem Fluat entstehen, so müssen diese Stellen durch Ab-

*) Die Keßlerschen Fluate sind zu beziehen von Hans Hauenschild G. m. b. H., Berlin, Dreysestr. 4b.

trocknen mit Fließpapier oder reinen weichen Lappen sorgfältig abgetupft werden. Während das Magnesiafluat die Terrazzokörner wetterfest macht und die schnelle Erhärtung des Zementes befördert, beschleunigt das Aluminiumfluat die Polierarbeit. Allerdings soll man nicht meinen, daß durch den Anstrich nun das Polieren schon nach einigen schnellen Rundbewegungen mit dem feinsten Schlangenstein abgetan ist, wenn Mattglanz eintritt. Die Glanzpolitur wird erst durch Ueberschleifen mit dem Polierfilz erzielt, wobei Reinlichkeit und Gewissenhaftigkeit das Gelingen des Werkes in hohem Grade beeinflussen. Man vermeide deshalb jeden Umstand, der das Polierzeug zur Arbeit untauglich machen könnte, was beispielsweise schon ein einzelnes scharfes Sandkorn zu tun imstande ist. Man wasche die matt glänzende Fläche sorgfältig mit reinem Wasser ab und nehme dann auf dem angefeuchteten Polierfilz etwas Schmirgel, mit dem man die Fläche so lange reibt, bis der Schmirgel trocken ist, dann erst befeuchte man ihn mit etwas Wasser und poliere dann so lange weiter, bis die Fläche glatt ist. Wenn man zum Polieren einer anderen Fläche übergeht, bringe man neuen Schmirgel auf den Polierfilz auf. Beim Polieren mache man mit dem Filz schnelle Rundbewegungen und drücke gut auf. Den höchsten Glanz erzielt man durch Nachschleifen mit feinstem Polierrot oder Tripel oder Zinnasche, indem man diese Schleifmittel auf kleine Leinwandballen streut und damit in derselben Weise poliert wie mit dem Schmirgel.

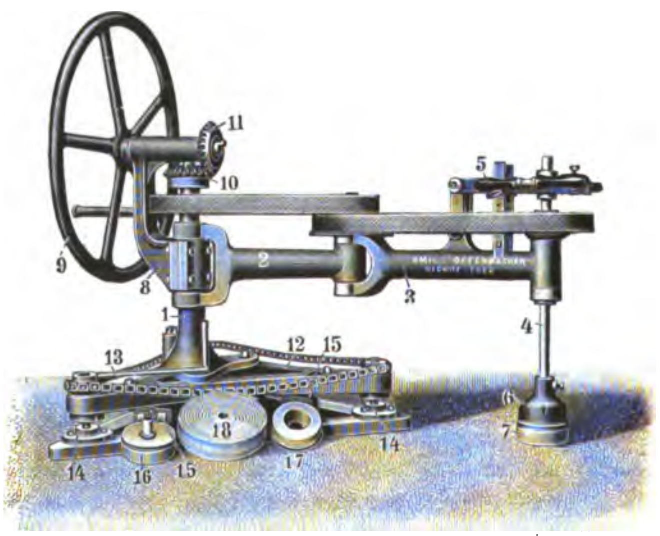


Bild 222. Hand-Schleif- und Poliermaschine von Offenbacher, Markt-Redwitz.

Selbst die beste Beschreibung kann natürlich nur eine Anleitung geben, wie beim Polieren von Terrazzo zu verfahren ist. Es wird aber nach dem darüber Gesagten einem geschickten, gewissenhaften und sauberen Arbeiter nicht allzuschwer fallen, sich durch Uebung bald eine gewisse Kunstfertigkeit anzueignen. Ein wenig Nachdenken wird auch hier am Platze sein und bald über die ersten Schwierigkeiten hinweghelfen.

Das Polieren mit der Hand bleibt trotzdem immer eine langwierige, zeitraubende Arbeit und erfordert naturgemäß neben Uebung auch viel Geduld. Man hat sich daher bestrebt, besondere Schleif- und Polier-

maschinen zu erfinden, welche die Arbeit vereinfachen und das Gelingen weniger von der Geschicklichkeit des Arbeiters abhängig machen. Im Bild 222 ist eine solche Schleif- und Poliermaschine, Bauart Offenbacher, dargestellt, die auf dem Bau mit Vorteil bei umfangreichen Arbeiten zu verwenden ist. Diese Maschine wird mittelst eines Schwungrades angetrieben und es sind zum Betriebe zwei Arbeiter nötig, die sich in ihrer Tätigkeit abwechseln können. Während der eine das Schwungrad in Bewegung setzt, führt der andere die Schleifscheibe 6, indem er sie durch Betätigung des Hebels 5 stark gegen die zu schleifende Fläche drückt. Um die auf einem dreieckigen Lagerrahmen aufgebaute Säule sind zwei sich aneinander anschließende Gelenkarme 2 und 3 drehbar. An dem am weitesten hervorstehenden Auslegearm 3 befindet sich an der drehbaren Welle der Scheibenhalter 6 mit der Schleif- oder Polierscheibe 7. Die Drehung der senkrechten Welle erfolgt durch Riemenübertragung. Der Antrieb der Hauptwelle der Säule 1 geschieht durch Drehung des Schwungrades 9 mittelst Handkurbel, wodurch die Kegelräder 10 und 11 und mit ihnen die Welle nebst sämtlichen Riemenscheiben in Umdrehung versetzt werden. Wenn der durch den Ausleger erreichbare Teil der Fläche genügend mit der Maschine bearbeitet ist und sie weitergerückt werden muß, so werden durch Drehen der Kurbel 13 unter Zuhilfenahme der die drei Eckpunkte verbindenden Gelenkkette die Laufrollen 15 in Berührung mit dem Boden gebracht, sodaß die Maschine leicht von Ort zu Ort gerollt werden kann. Durch Drehen der Kurbel 13 in entgegengesetzter Richtung legen sich dann die Laufrollen wieder um und die Maschine ruht wieder fest und unverrückbar mit ihrem ganzen Gewicht auf dem Halterrahmen. Hat man elektrische Kraft zur Verfügung, so kann man die Uebertragung derselben durch Aufbauen eines kleinen Motors auf die Schleifmaschine bewerkstelligen.

Die wesentlichen Vorzüge der Maschinenarbeit gegenüber der Handarbeit sind vor allem darin zu suchen, daß die sehr anstrengende Polierarbeit von Hand vorteilhaft durch die nie ermüdende Maschinenkraft ersetzt wird. Allerdings darf man nun nicht glauben, daß man den ersten besten Arbeiter mit dem Schleifen und Polieren betrauen kann, denn zur Bedienung ist immerhin eine gewisse Geschicklichkeit und Sorgfalt notwendig und man muß in den Ecken und an den schlecht zugänglichen Stellen doch immer wieder zur Handarbeit zurückgreifen. Es leidet jedoch keinen Zweifel, daß die Zeitersparnis allein den Ankauf einer solchen Maschine rechtfertigt, besonders wenn es sich um umfangreiche Arbeiten handelt.

Das Oelen und Wachsen der Terrazzoflächen bildet die letzte Stufe der Vollendung. Hierzu verfährt man genau so, wie man Parkettfußböden den Glanz verleiht. Man erzielt mit gewöhnlichem Bohnerwachs auch bei Terrazzoarbeiten gute Erfolge. Es soll deshalb hier nicht näher darauf eingegangen werden, da diese Arbeiten weniger zum eigentlichen Handwerk des Betonbauers gehören.

## Gehwegsbefestigung mit Zementplatten.

Außer den auf S. 269 u. 270 beschriebenen Gehwegsbefestigungen mit Stampfbeton wird in neuerer Zeit vielfach die Befestigung der Gehwege mit vorher angefertigten Zementplatten ausgeführt, während früher ganz allgemein zu solchen Zwecken nur Platten aus natürlichem Stein oder gebranntem Ton Verwendung fanden.

Dieser Zweig des Betonbaues eignet sich sehr für Betonbaugeschäfte, welche in der Nähe größerer Städte liegen, da hierbei das Absatzgebiet fast unbegrenzt ist. Die Zementplatten zu diesem Zweck werden in ganz verschiedener Größe hergestellt. Am häufigsten findet man quadratische Platten von etwa 50 cm Seitenlänge vertreten, die bis zu 10 cm Stärke besitzen oder auch Platten von rechteckigem Grundriß. Für Garten- oder wenig begangene Fußwege kann man schwächere Platten verwenden. Alle diese Platten werden gewöhnlich in eisernen Formen hergestellt und sie bestehen in der Regel aus einer fetteren Deckschicht und einer Hinterfüllungsschicht aus magerem Beton. Man stellt solche Platten entweder in naturgrauer Farbe oder auch mit gefärbter Oberfläche her, wobei die Oberfläche entweder glatt oder mit Mustern oder Riffelungen oder Blendfugeneinteilung versehen ist.

Die Herstellung solcher Platten ist recht einfach, sodaß hier kurz darüber hinweggegangen werden kann, da nichts besonderes hierbei zu bemerken ist. In die Formen wird zunächst die Grundmasse eingefüllt und mit dem Hammer oder einem geeigneten Stampfer festgestampft, dann wird die etwas fettere Deckschicht aufgebracht, gleichfalls fest eingestampft und schließlich mit einem Stahllineal gleichmäßig abgezogen. Bezüglich der Mischungsverhältnisse für die Deckschicht ist dabei zu beachten, daß die Platten an der Oberfläche nicht zu glatt werden, und aus diesem Grunde muß die Wahl der Zuschlagsstoffe dementsprechend erfolgen. Am besten eignet sich hierzu als Füllstoff Granit oder sonst ein hartes Gestein, welches man auf Maulbrechern oder ähnlichen Maschinen bis zur gewünschten Korngröße zerkleinert. Rundliche Füllstoffe müssen dabei möglichst vermieden werden, weil erfahrungsgemäß solche Füllstoffe sich leichter beim Gebrauch aus der Masse lösen. Die Mischungen für den Grundbeton werden etwa im Verhältnis von 1 : 5, für den Beton der oberen Schicht etwa 1 : 1 oder 1 : 2 genommen. Bei größerem Bedarf wird man vorteilhaft auch zweckentsprechend gebaute Pressen verwenden.

Nach dem Herausnehmen aus der Form wird die Platte mit der Unterlage in geeigneten Gerüsten zum Erhärten aufgestellt. Hierbei muß beachtet werden, daß die Luft im Erhärtungsraum stets recht feucht ist und für ein sachgemäßes Besprengen der Platten Sorge getragen werden muß. Diese Feuchtigkeit ist für das Abbinden des Zementes von großer Wichtigkeit, da hiervon die mehr oder minder große Druckfestigkeit der Platten abhängig ist. Früher brachte man die Platten wohl

auch in ein Wasserbad, doch hat dieses Verfahren, das unzweifelhaft große Vorzüge hat, auch so viele Nachteile, daß man wieder davon abgekommen ist. Zunächst ist schon der Kostenpunkt von einschneidender Bedeutung. Das Beschaffen der Wasserkästen oder der gemauerten Wasserbehälter, das Ausrüsten der Platten, das Ein- und Aussetzen derselben in das Wasserbad erfordern große Geldausgaben, die bei dem einfacheren Besprengungsverfahren leicht vermieden werden können. Ueberdies sind die Platten durch das Wechseln der Lagerstätte hierbei vielen Beschädigungen ausgesetzt, und das Endergebnis beider Verfahren ist das gleiche.

Das Formen von Platten mit geriffelter oder durch Rillen in einzelne Felder geteilter Oberfläche geschieht in der Weise, daß eine mit entsprechendem erhabenem Muster versehene Eisenblechplatte unter den Formkasten gelegt wird und dieser zunächst mit der Feinmasse so hoch gefüllt wird, daß die Rillen nach dem Einstampfen noch hinreichend stark mit Betonfeinmasse bedeckt sind. Hiernach wird die Füllmasse eingeschüttet, eingestampft und mit dem Lineal abgestrichen. Der übrige Teil der Behandlung der Platten ist derselbe, wie oben beschrieben. Besonders mag aber noch darauf hingewiesen werden, daß die eisernen Unterlagen und die Formen stets sauber gehalten werden müssen und nach dem Herausnehmen der Platte und erfolgter Reinigung sofort wieder mit Formöl eingefettet werden sollen.

Man sollte die Platten in feuchtem Zustande wenigstens vier Wochen hindurch in den Gerüsten der Erhärtung überlassen, bevor sie an die Luft zum Trocknen gestellt werden. Es ist von großer Wichtigkeit, daß sie vor dem Verlegen genügend erhärtet sind, denn zu früh verlegte Platten, bei denen der Erhärtungsvorgang noch nicht weit genug vorgeschritten ist, brechen leicht und nutzen sich schnell ab. Man darf sich dann nicht wundern, wenn viele Leute den Zementplatten hohes Mißtrauen entgegenbringen und schnell mit ihrem Urteil fertig sind. Man mache sich zur Regel, keine Platte vor achtwöchentlicher Lagerung auf dem Platze zur Verlegung zu bringen.

## Granitoidplattenbelag.

In den letzten Jahren kommt eine für Gehwegsbefestigungen besonders geeignete Zementplatte zur Verwendung, welche, von dem zu früh verstorbenen Fabrikbesitzer P. Jantzen in Elbing erfunden, sich großer Beliebtheit erfreut und sich volle Anerkennung erworben hat. Es sind dies die sogenannten Granitoidplatten, welche insbesondere in Berlin zum Belegen der Bürgersteige ausgedehnte Anwendung finden. Die Granitoidplatten werden nach einem besonderen Verfahren hergestellt. Sie bestehen ebenfalls aus zwei verschieden zusammengesetzten Schichten, aus einer mageren Hinterfüllungsmasse und einer fetteren Deckschicht.

Zu der Lauffläche der Granitoidplatten wird als Zuschlagsstoff

Granitsplitt verwendet, während zu der Hinterfüllungsmasse Sand und Kies genommen wird. Es wird bei der Herstellung zunächst etwa 2 cm eine mit fettem Zementmörtel gemischte Schicht Granitsplitt eingefüllt und auf einer besonderen schnell bewegten Rüttelvorrichtung die Masse zusammengerüttelt, sodaß sich die einzelnen Splitter eng aneinander lagern. Diese Verdichtung wird durch Schlagen mit einem Hammer während des Rüttelns unterstützt. Ueber diese Schicht wird dann die Hinterfüllmasse eingefüllt, sorgfältig und gleichmäßig in der Form verteilt und unter Zuhilfenahme hydraulischen Druckes auf einer besonders dazu gebauten Presse, wie eine solche auf S. 211 im Bild 174 dargestellt ist, stark verdichtet. Im übrigen werden die fertiggepreßten Platten genau so behandelt, wie man die übrigen Zementplatten zu behandeln pflegt. Hervorzuheben ist noch, daß die Oberfläche der Granitoidplatten stets abgeschliffen wird, um die Formhaut von den Platten zu entfernen und die Granitkörner in Erscheinung treten zu lassen. Die Berliner Straßenbaupolizeibehörde hat vor kurzem bestimmte Vorschriften erlassen, um ein einheitliches Maß für diese Art Pflasterplatten einzuführen. Granitoidplatten, welche in Berlin Verwendung finden sollen, müssen wenigstens 65 mm stark sein und eine Kantenlänge von 35 cm haben. Das Verlegen erfolgt schräg zur Straßenrichtung im Winkel von 45°, und es werden als Abgrenzung an den Kanten fünfeckige Platten verwendet, wie dies in Bild 223 dargestellt ist.

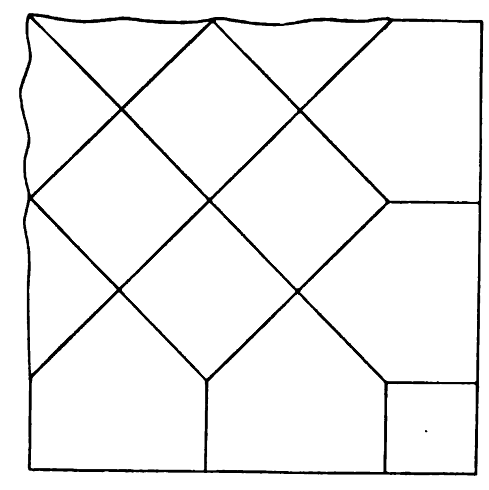


Bild 228. Verlegeplan für Granitoidplatten.

Wo sich bei der Eckbildung aus der Fugenrichtung eine Dreieckform für die innere Abschlußplatte bildet, müssen besondere Formplatten verwendet werden, welche aus der Verbindung der Dreiecke mit quadratischen oder Fünfeckplatten sich ergeben. Die Platten müssen auf einer wenigstens 3 cm starken Schicht von feinem, scharfem Sande oder Granitschleifschlick oder in magerem Kalkmörtel verlegt werden. Die Fugen müssen gradlinig verlaufen und dicht schließen. Sie werden mit Granitschleifschlick oder mit magerem Kalkmörtel ausgegossen. Die Verwendung von Zementmörtel zu diesem Zweck ist nicht erlaubt. Um die Herstellung der Granitoidplatten hat sich neben dem schon genannten Erfinder P. Jantzen in Elbing die Kunststeinfabrik Comet in Finkenwalde bei Stettin besonders verdient gemacht. Die Vorzüglichkeit dieser Platten ist für jeden, der sie näher kennt, nicht anzuzweifeln, und es wäre zu wünschen, daß auch kleinere Städte, in denen bekanntlich der Bürger-

steigbelag häufig zu wünschen übrig läßt, ihre Aufmerksamkeit mehr dieser Gehwegsbefestigungsart zuwenden würden.

So naheliegend es ist, daß man statt des Granites ein noch festeres Gestein, z. B. den Feuerstein, zertrümmert und ihn als Grundstoff für solche Platten verwendet, so muß man dennoch hiervon abstehen, da man nicht mehr imstande sein würde, die mit so hartem Gestein versehenen Platten schleifen zu können.

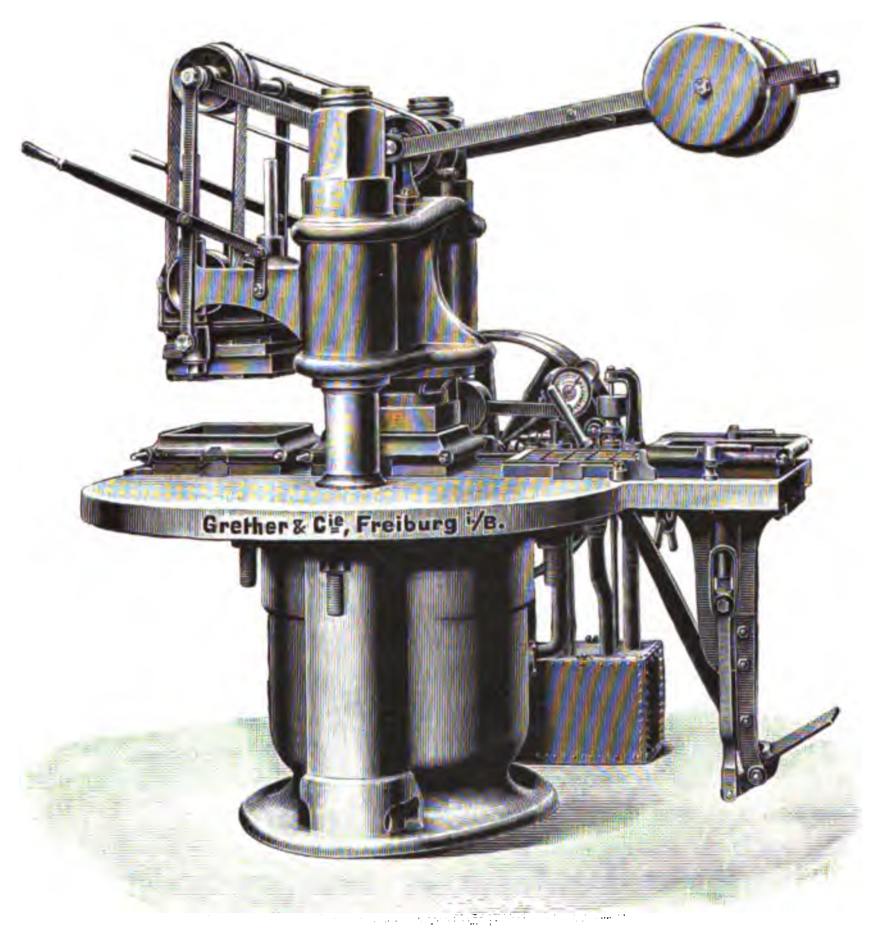



Bild 224. Grether'sche hydraulische Plattenpresse.

Zum Pressen der Granitoidplatten bedient man sich meistens der hydraulischen Pressen, deren eine im Bild 174 auf Seite 211 dargestellt ist, während eine andere mit besonderer Stampfvorrichtung das Bild 224 zeigt. Die Arbeitsweise der ersten Presse ist schon auf Seite 211 beschrieben. Die hier abgebildete Grether'sche hydraulische Plattenpresse vereinigt die Vorzüge der Handstampfung mit den Vorteilen des hohen hydraulischen Druckes dadurch, daß ein Stampfapparat angebracht ist, der die Handarbeit durch schnellere und stets sich gleichbleibende Maschinenarbeit er-

setzt. Durch das Einstampfen soll eine gleichmäßige Verteilung und Entlüftung des in die Formen zu pressenden Füllstoffes in kurzer Zeit von statten gehen. Es sei hierbei darauf hingewiesen, daß bewährte Betonfachleute den einfachen, wenn auch noch so hohen, hydraulischen Druck nicht für ausreichend halten, da beim Pressen eine große Menge Luft zwischen den Betonteilchen verbleibt und so eine enge Aneinanderfügung derselben verhindert. Dadurch muß naturgemäß die Festigkeit der Platten leiden. Man stampft daher mindestens die Mörtelmasse, welche als Laufschicht der Platte dienen soll, mittels eines Holzhammers in die Form ein und erreicht dadurch eine gute Aneinanderlagerung der Betonteile, sowie eine sachgemäße Entlüftung. Allerdings ist man hierbei immer von der Geschicklichkeit und dem Arbeitseifer des Einstampfers abhängig und deshalb wird man der an der Grether'schen Presse angebrachten Stampfvorrichtung nur Beifall zollen können, da sie dieses Abhängigkeitsverhältnis vollständig beseitigt. Nach erfolgter Stampfung erfolgt erst die Pressung mittels hydraulischen Druckes.

## Platten.

Außer den im letzten Abschnitt beschriebenen Platten für Bürgersteigbelag hat die Herstellung von Zementplatten für Fußboden und Wandbekleidung einen ungeahnten Aufschwung genommen. Die Beliebtheit der Zementplatten ist auf den billigen Preis zurückzuführen, den diese gegenüber anderen Bodenbelagstoffen bei annähernd gleicher Schönheit aufweisen. Außerdem ist die Wasserbeständigkeit vielen Belagstoffen überlegen.

Bei der Herstellung von Zementfliesen müssen gewisse Punkte berücksichtigt werden, wenn ein einwandfreies Erzeugnis erzielt werden soll. Vor allem muß die Wahl der Zuschlagstoffe mit großer Sorgfalt erfolgen. Noch größere Sorgfalt erfordert jedoch bei gefärbten und gemusterten Fliesen die Auswahl der Farben, denn nicht jede im Handel vorkommende Farbe eignet sich für das Färben des Portlandzementes.

Als Farbenzusatz scheiden von vornherein alle organischen Farbstoffe (z. B. Anilinfarben) völlig aus, da solche Farben entweder sehr stark abmindernd auf die Festigkeit einwirken, oder in Verbindung mit dem in jedem Zement enthaltenen Kalk gebracht, nicht haltbar sind. Auch blassen solche Farben bei Einwirkung des Lichtes leicht aus.

Auch diejenigen Farben, welche aus dem Mineralreich entnommen werden, müssen gewisse Bedingungen erfüllen, wenn sie zur Färbung von Zement brauchbar sein sollen. Im allgemeinen ist dazu zu bemerken, daß auch alle mineralischen Farben mit alleiniger Ausnahme der Ultramarinfarbe mehr oder weniger abmindernd auf die Festigkeit der Platten einwirken. Alle Farben müssen staubfein gemahlen sein und dürfen unter keinen Umständen schädliche Beimengungen enthalten. Als solche sind besonders der Gips und die Kreide zu nennen, welche von den Farb-

herstellern häufig als Füllstoff, um den Farben mehr Körper zu geben, beigefügt werden. Außerdem ist die Schwefelsäure, welche besonders häufig in der in den Handel gebrachten roten Farbe vorkommt, als schädlich zu nennen.

Als schwarze Farbe ist Chromeisenstein, Braunstein oder sogenanntes Zementschwarz (Kohlenschwärze) geeignet. Durch die gleichen Stoffe wird auch die graue Farbe mittelst Zusatzes weißer Farben hervorgerufen. Genügende Deckkraft erhält man durch eine Mischung von etwa 15 v. H. Farbstoff.

Rot wird durch Zusatz von Eisenoxyd hervorgerufen, bei dessen Verwendung besondere Vorsicht deswegen geboten ist, weil das im Handel vorkommende Eisenoxyd häufig nicht unbeträchtliche Mengen Schwefelsäure enthält, welche durch nicht genügendes Auswaschen bei der Herstellung des Eisenoxydes darin verblieb. Es ist deswegen notwendig, sich von der Brauchbarkeit des roten Farbstoffes vor der Verwendung zu überzeugen. Wenn man den Zement mit etwa 20 v. H. des roten Farbstoffes sorgfältig mischt und unter Zusatz von wenigem Wasser einen Kuchen anrührt, wird man leicht feststellen können, ob schädliche Einflüsse hervortreten, wenn man den erhärteten Kuchen unter Wasser bringt. Wenn sich herausstellt, daß das Abbinden außerordentlich langsam vor sich geht, so wird man besser erst nach zwei Tagen den Kuchen unter Wasser bringen; im allgemeinen genügt aber eine 24stündige Luftlagerung. Ein so behandelter und unter Wasser mehrere Wochen hindurch aufbewahrter Kuchen darf keinerlei Risse bekommen und muß seinen Zusammenhang bewahren. Vorhandene Absplitterungen und Risse lassen darauf schließen, daß die Farbe Schwefelsäure enthält. Schneller erhält man über die Reinheit der Farben Aufschluß, wenn man diese mit destilliertem Wasser zu einem dünnen Brei anrührt und diesen auf einer Glasschale, Kompottellerchen oder Uhrglas bis zum Austrocknen stehen läßt. Die Bildung eines anders gefärbten Randes deutet auf lösliche Salze. Bilden sich feste, schalenförmige Klumpen, die sich nicht zwischen den Fingern leicht zu Pulver zerdrücken lassen, so ist die Farbe mit Mißtrauen zu betrachten. In zweifelhaften Fällen verabsäume man nicht, eine Farbprobe einem in solchen Untersuchungen geübten Laboratorium, z. B. dem Chemischen Laboratorium für Tonindustrie Prof. Dr. H. Seger und E. Cramer, Berlin NW. 21, Dreysestr. 4, zur Untersuchung auf Schwefelsäure zu überweisen. Man kann sich hierdurch vor empfindlichem Schaden bewahren. Genügende Deckkraft erzielt man durch Zusatz von etwa 8—10 v. H.

Zu gelben und braunen Farben verwendet man Ockerfarben, die je nach den gewünschten Farbtönen 6—10 v. H. Farbzusatz erfordern.

Für grün und blau wird Ultramarin benutzt. Hierbei genügt im allgemeinen zur Deckung etwa 6 v. H.

Weiß erzielt man am einfachsten durch Zusatz von feingemahlenem

weißem Marmor. Der Zusatz von Kreide zu diesem Zweck ist durchaus zu vermeiden, da dieser Stoff die Festigkeit des Zementes stark herabsetzt.

Man muß beim Farbzusatz immer bedenken, daß, je mehr Farbe zugesetzt wird, die Festigkeit sich erniedrigt. Wie schon oben bemerkt, gilt dies nur für das Ultramarin nicht, denn es wird durch Ultramarinzusatz die Festigkeit des Zementes erhöht.

Was nun diejenigen Stoffe anbelangt, welche den Farben bei der Herstellung zugemischt werden, so ist es der schon oben erwähnte Gipszusatz, der am schädlichsten wirkt, und es ist deshalb von Nutzen, wenn man sich von dem Farbenlieferanten Gewähr darüber geben läßt, daß die gelieferten Farben frei von Gips und Kreide sind. Beim Bezug der Farben allzusehr auf den Preis zu sehen, ist falsch angebrachte Sparsamkeit, die sich unter Umständen bitter rächen kann. Man beziehe nur die Farben von Fabriken, welche in der Herstellung von Zementfarben bewandert sind und lasse sich durch ein billiges Angebot nicht verleiten, Farben von unbekannten Herstellern zu verwenden. Dem Verfasser ist in einem Fall durch Verwendung schwefelsäurehaltiger roter Farbe mehrere Tausend Mark Schaden entstanden. Es handelte sich dabei um Herstellung von Säulenkapitälen in Nachahmung roten Sandsteins Nach drei Monaten waren die am Bau angebrachten Bauteile vollständig durch Treibrisse zerstört. Durch die chemische Untersuchung der verwendeten Farbe wurde ein erheblicher Schwefelsäuregehalt festgestellt, und der Verfasser mußte den Schaden tragen, da der Farbenlieferant nicht über den Verwendungszweck der Farbe aufgeklärt war und keinerlei Gewährleistung übernommen hatte.

Die Lichtbeständigkeit der Farben stellt man am besten dadurch fest, daß man sich in einer Holzform eine kleine quadratische Platte von etwa 5 cm Seitenlänge aus Zement unter etwa 20 v. H. Zusatz der zu prüfenden Farbe herstellt, die obere Fläche sauber mit einem Stahllineal abzieht und nach dem Erhärten die Platte tagelang dem grellen Sonnenlicht aussetzt, nachdem man ein Stück schwarzes Papier von einer Ecke zur anderen schräg darüber gelegt hat, sodaß nur die ein rechtwinkliges Dreieck bildende Hälfte der Oberfläche den Einwirkungen der Sonnenstrahlen ausgesetzt ist. Man tut gut, eine kleine Glasplatte über das Ganze zu decken, damit das dreieckig geschnittene Stück Papier fest an der Oberfläche des Kuchens anliegt. Von Zeit zu Zeit nimmt man das Papier ab und sieht zu, ob die vom Sonnenlicht bestrahlte Fläche im Farbenton von der bedeckten Fläche abweicht. Stark verschießende Farben sind zu verwerfen.

Nie unterlasse man bei einem Farbenangebot die Ergibigkeit der Farben zu prüfen. Zu dem Zweck verdünnt man sie mit Bleiweiß in bestimmten Gewichtsmengen. Beispielsweise versetzt man je 5 gr Rot mit 20, 25, 30, 35 usw. Bleiweiß und verreibt die Gemische gleichmäßig mit

dem Finger. Die aus den verschiedenen Rot entstandenen Mischungen werden miteinander verglichen, wobei darauf zu achten ist, daß stets die gleichen Umstände in Betracht kommen. Verfasser verwendet zum Vergleich der Mischung Pulverschachteln von 3 cm Durchmesser, die aus der Apotheke bezogen sind, und füllt diese gleichmäßig voll. Es ist darauf zu achten, daß die Schächtelchen auch äußerlich die gleiche Färbung zeigen, da verschiedenfarbige Schachteln zu Täuschungen Anlaß geben. Auf dem Boden der Schachtel wird die Mischung angegeben. Die gefüllten Schächtelchen stellt man auf einen Tisch am Fenster und ordnet die Farben nach ihrem Ton. Ist die Ordnung hergestellt, so kann man durch die Bodenaufschrift Auskunft erhalten, wie weit mit der Verdünnung der einzelnen Farben geschritten werden kann.

Was die Wahl der Zuschlagsstoffe anbelangt, so ist darauf zu achten, daß nur mittelfeine Sande, die aber gemischtes Korn haben müssen, verwendet werden können. Nach dem Vorhergesagten ist es wohl überflüssig, noch ausdrücklich zu bemerken, daß der Sand durchaus rein und frei von allen erdigen Beimengungen und Pflanzenresten sein muß. Besonders gilt dies von der zur Farbschicht verwendenden Maße, zu welcher man nur reinen, hellen Quarzsand nehmen sollte schon aus dem Grunde, um die Mischung für die zu färbende oder mit Mustern zu versehende Fläche möglichst in hellen Tönen zu bekommen, weil hierbei die beizumischenden Farben viel besser in die Erscheinung treten, als bei von Natur dunklen Sanden. Aus dem gleichen Grunde muß man auf die Verwendung möglichst hellen Portlandzementes achten. Wenn es gelänge, einen reinweißen Portlandzement zu dem handelsüblichen Preise herzustellen, wozu aber leider wenig Aussicht vorhanden ist, so dürfte die Verwendung solchen Zementes die Herstellung der Zementfliesen in neue Bahnen lenken, weil dann eine viel größere Mannigfaltigkeit der Farbwirkungen auf einfache Weise zu erzielen sein dürfte und auch sanftgetönte Farben benutzt werden könnten. Die Mischungsverhältnisse sind für den Füllbeton der Platten etwa 1 : 3 bis 1 : 4, während für die Farbschicht ein Verhältnis von 1 : 1 bis 1 : 2 die Regel bildet. Die Größenverhältnisse und Formen der Platten bewegen sich in ziemlich weiten Grenzen. In der Regel werden quadratische Platten von 20 cm Kantenlänge auf etwa $2^1/_2$ bis 3 cm Stärke als gangbarstes Maß zu bezeichnen sein. Es werden jedoch auch vielfach sechseckige und achteckige Platten mit Vorliebe verwendet, besonders wenn es sich um gemusterte Platten handelt. Bei Verwendung sechs- oder achteckiger Platten hat man den Vorteil, daß man durch geschickte Anordnung der Plattenmuster eine verschiedenartige Wirkung der Linienführung des Gesamtmusters erzielen kann, was bei quadratischen Platten nicht so leicht möglich ist.

Das Mischen des Zementes mit den Farben erfordert Uebung und Erfahrung und ist nicht so einfach, wie es wohl scheinen möchte. Vor allen Dingen lege man, wie schon oben bemerkt, Wert auf den Ankauf

wirklich guter, haltbarer und lichtbeständiger Farben. Von großer Bedeutung und ausschlaggebend für den Erfolg ist das innige Vermischen der Farben mit dem Zement. Sehr häufig geschieht dieses noch durch einfaches Umschaufeln der zu vermischenden Stoffe, doch muß dann das Mischgut noch einmal durch ein engmaschiges Handsieb getrieben werden. Besser ist es aber schon, zur innigen Mischung von Farbe und Zement sich der Mischtrommeln zu bedienen, von denen es eine große Anzahl verschiedener Bauarten gibt. Das Bild 225 zeigt eine Tietze'sche Farbmischmaschine, die durch D. R. G. M. geschützt ist. Die Maschine kann sowohl von Hand, als auch durch Kraft betrieben werden und bewirkt, daß etwaige Farbenklumpen ganz fein zerkleinert und die Farbe viel inniger mit dem Zement vermischt wird, als dies selbst bei peinlichster Handarbeit möglich ist.



Bild 225. Tietze'sche Farbmischmaschine.

Die in untenstehendem Bild 226 dargestellte Farbmühle von Krüger-Mückeberg mischt kleinere Mengen ausgezeichnet. Der Arbeitsgang ist hierbei folgender: Der mit der Farbe oberflächlich durchmischte Zement gelangt auf ein halbrundes Sieb, durch welches er unter steter Fortbewegung durch die Walzenbürste c gerieben wird. Das Mischgut wird in dem Kasten b aufgefangen, während gröbere Bestandteile die Mühle bei d verlassen.

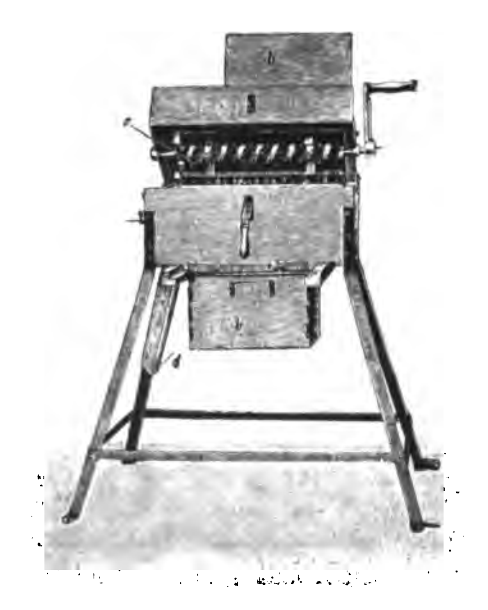


Bild 226. Farbmühle von Krüger-Mückeberg.

Zum Pressen der Platten benutzt man statt der früher allgemein gebräuchlichen einfachen eisernen Form jetzt meistens Schlagtische, wie sie in den Bildern 170, 171 und 172 abgebildet und auf den Seiten 207 und folgenden eingehend beschrieben sind. Bei diesen Einrichtungen wird die Herstellung der Platten wesentlich beschleunigt und die Leistungsfähigkeit erhöht. In noch höherem Grade ist dieses der Fall, wenn man mit einer Presse, wie sie das Bild 173 dar-

stellt, arbeitet. Der selbsttätige Füllapparat, der Ausstoßer und die Preßvorrichtung erhöhen die Leistungsfähigkeit sehr und gleichzeitig die Güte der Ware. Diese Presse ist gewissermaßen ein Mittelding zwischen Hand- und Maschinenbetrieb, indem die Kraftanlage vermieden ist, die große Preßkraft aber durch eine sinnreich ausgebildete Hebelübersetzung erzeugt wird. In mittleren Betrieben findet man auch häufig Kniehebelpressen, wie sie das Bild 227 zeigt. Es sind dieses die Vorläufer der neuern mit mancherlei Verbesserungen versehenen Hebelpressen, wie solche schon vorher beschrieben sind. Bei der einfachen Handhabung im Betrieb, ihrer großen Dauerhaftigkeit und vor allen aber ihrer wirklichen Brauchbarkeit wegen, gehen die Besitzer derselben nicht leicht zur Anschaffung anderer Bauarten über. In Bild 227 ist eine zweiformige Schlittenpresse dargestellt, auf deren langem, festliegenden Preßtisch zwei Unterformen mit einander abwechselnd unter den Preßstempel geschoben werden. Mit Hilfe des seitlich angebrachten, langen Hebels wird eine weitere Reihe zweckmäßig ineinander greifender Hebel in Tätigkeit gesetzt und dadurch der Stempel mit großer Kraft auf die Unterform gedrückt. Ist die Pressung vollendet, so wird der Hebel wieder emporgehoben und die Unterform seitlich herausgezogen. Während dieser Zeit ist die andere Form wieder gefüllt und die zweite Pressung kann vor sich gehen. Die fertige Zementplatte der ersten Form wird dann durch die Ausstoßvorrichtung aus der Form entfernt, die letztere gut gereinigt, leicht eingeölt und mit dem abermaligen Füllen der Form begonnen. Die auf dieser Maschine hergestellten Platten haben alle ein tadelfreies Aussehen und scharfe Kanten.

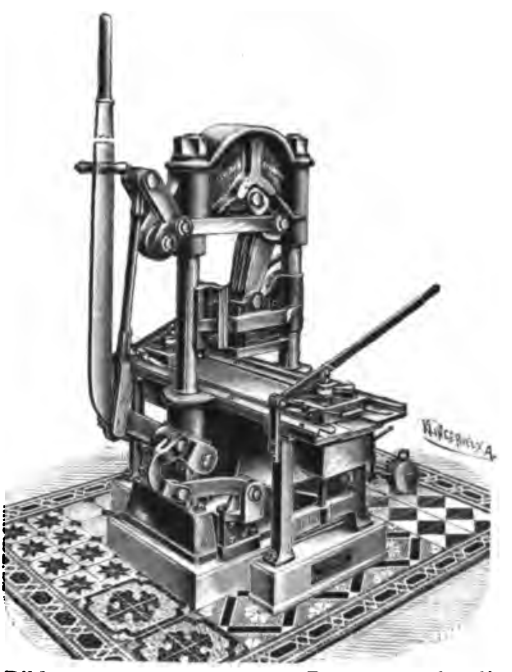


Bild 227. Kniehebelpresse, Bauart Bernhardi, mit langem, festliegendem Preßtisch für Handbetrieb.

Für die Massenherstellung von Zementplatten wird man vorteilhaft durch Dampf- oder elektrische Kraft angetriebene Pressen verwenden.

## Rand- oder Bordsteine.

Zur Begrenzung der Bürgersteige nach dem Fahrdamm zu bediente man sich früher stets nur des natürlichen Gesteines, insbesondere des Granites, indem man möglichst lange, schwellenartig bearbeitete Stücke

zur Einfassung benutzte. Seit einiger Zeit macht sich das Bestreben geltend die teure Granitbordschwelle durch Betonrandsteine zu ersetzen, und es sind in dieser Beziehung schon viele gute Erfolge zu verzeichnen. Solche Rand- oder Bordsteine werden in eisernen Formen hergestellt, wie sie Bild 228 zeigt. Die Formen sind fünfteilig und derartig gebaut, daß der darin hergestellte Stein an einer Seite mit einer Nute, auf der andern Seite mit einer Feder versehen wird, welche in die Nute des Nachbarsteins greift und so etwaigen Stößen einen kräftigen Widerstand darbietet. Das Anfertigen der gekrümmten Anschluß-Bordsteine geschieht ebenfalls in eisernen Formen, welche dem Bogenanschluß entsprechen. Bild 229 zeigt eine solche Kurvenform. Eine andere Art von Bordsteinen, an denen zugleich die Rinnsteine angestampft werden, werden in Formen hergestellt, wie sie das Bild 230 zeigt. Endlich fertigt man

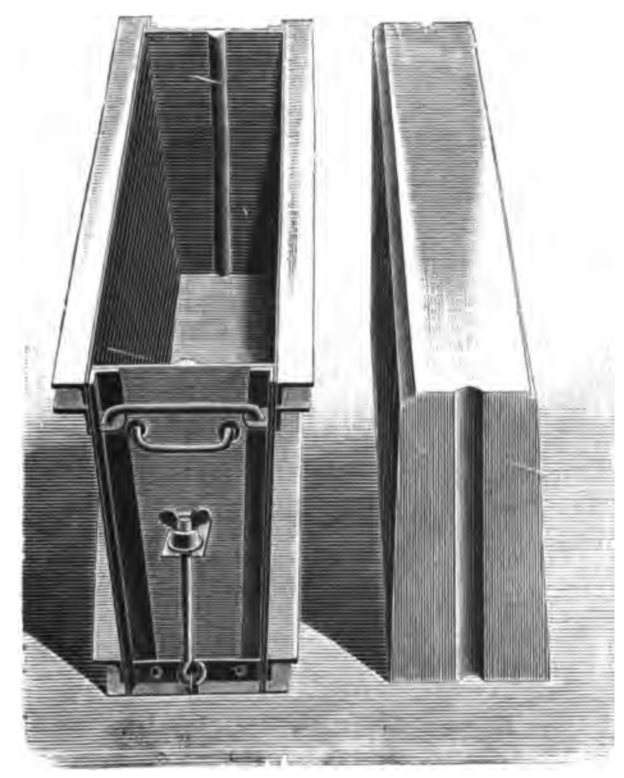


Bild 228. Eiserne Formen für Rand- oder Bordsteine, Bauart Graf.

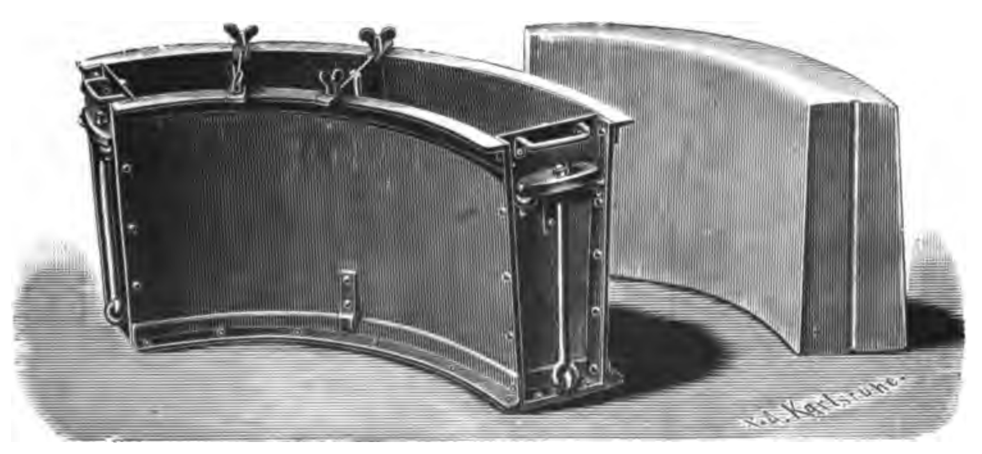


Bild 229. Kurven-Form für gekrümmte Bordsteine.

jetzt besonders haltbare Betonbordsteine mit Eiseneinlage an, welche man noch mit gußeisernen Schutzbekleidungen an den der Abnutzung durch die Wagenräder besonders unterworfenen Außenkanten versieht. Im Bild 231 ist ein derartiger Randstein, Bauart Tröger & Cottmann, im Querschnitt und Grundriß dargestellt. Die gußeiserne Bekleidungsplatte wird durch einen eisernen Arm, welcher in das Innere des Betons hineinragt, gehalten und hierdurch sowie durch eine in der Längsrichtung laufende Rundeisenstange verankert. Am Stoß werden die Arme der benachbarten Randsteine durch Schraubenbolzen verbunden, wie dies im Bild im Grundriß angegeben ist. Die Randsteine müssen in gutem Zementbeton hergestellt und im Mischungsverhältnis 1 : 3 ausgeführt werden. Die obere, der Abnutzung am meisten unterworfene Schicht wird zweckmäßig ebenso wie die Laufschicht bei den Granitoidplatten durch Verwendung von natürlichen Gesteinstrümmern (Basalt- oder Granitkies) widerstandsfähiger gemacht.

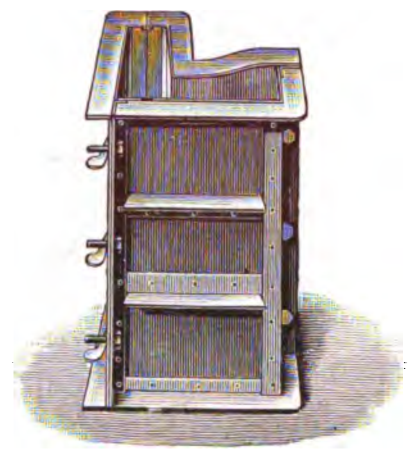


Bild 230. Bordschwelle mit Rinnstein, Bauart Wendt.



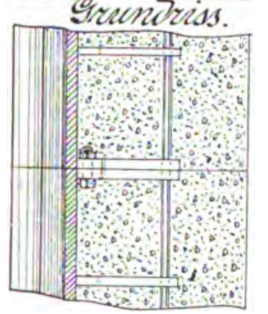



Bild 231. Randstein nach Tröger & Cottmann.

Zur Ableitung der Tageswässer von den Straßen benutzt man vielfach Rinnsteine aus Zementbeton, die an den Bordsteinen entlang verlegt werden. Bild 232 auf S. 290 zeigt einen solchen Rinnstein und auch gleichzeitig die eiserne Form, in welcher derselbe hergestellt wird. Ebenso wie die Bordsteine erhalten auch die Rinnsteine an ihren Stirnseiten Nut und Feder, wodurch ein inniges Ineinandergreifen der Nachbarsteine ermöglicht wird. Auch bei diesen Rinnsteinen ist großer Wert auf eine gute Betonmischung und auf den Zusatz von natürlichen Gesteinssplittern zu legen, um eine größere Widerstandsfähigkeit zu erzielen.

Zur Ableitung des Regenwassers vom Abfallrohr in die Straßenrinne verwendet man bei Durchquerung des Bürgersteiges Abflußrinnen, wie sie das Bild 233 auf Seite 290 darstellt. Die Rinne sowohl wie auch die dazu gehörige Verschlußplatte wird zweckmäßig aus Eisenbeton hergestellt. Nach sachgemäßer Verlegung der Abflußrinne wird die Deckplatte so auf die Rinne gelegt, daß die vorspringenden nasenförmigen Ansätze

des Deckelfalzes in die entsprechenden Lücken des Rinnenfalzes passen und daher die Unterkante der Deckelnase auf die Oberkante des Rinnen-

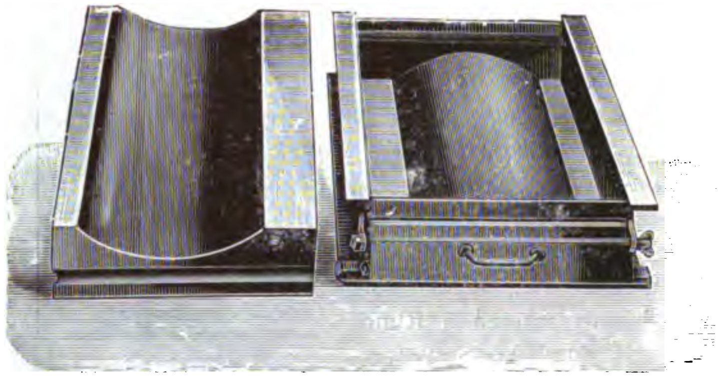


Bild 282. Rinnstein nebst Form.

falzes zu liegen kommt. Hiernach schiebt man den Deckel um die Breite der Aussparung nach der Seite und bewirkt nunmehr durch das schwalbenschwanzartige Ineinandergreifen des Deckelfalzes in die Rinnennute einen vollständigen Verschluß.

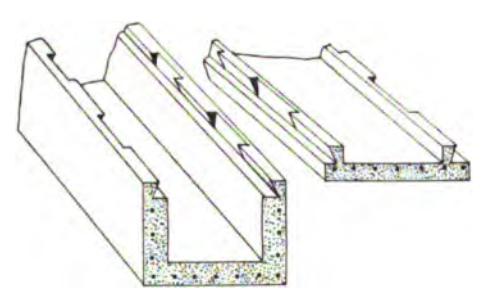


Bild 283. Verdeckte Abflußrinne.

---

## Hoch- und Tiefbau.

Auf dem großen Arbeitsgebiet des Hoch- und Tiefbaues erreicht natürlich, wenn man die Vielseitigkeit der Bauten in Betracht zieht, der Beton die weitgehendste Anwendung. Wie schon an anderer Stelle ausgeführt wurde, ist dem Beton- und Eisenbetonbau heute kein Arbeitsfeld mehr fremd, und immer weiter zieht er seine Grenzen. Er wird heute nicht nur bei Gründungsbauten als unentbehrliches Hilfsmittel geschätzt, sondern er hat sogar in diesem Zweig des Tiefbaues die ganze Arbeitsweise teilweise in andere Bahnen gelenkt, und schwierige Aufgaben, wie sie noch vor wenigen Jahrzehnten bei der Ausführung von Gründungsarbeiten in tiefen und ausgedehnten Baugruben und bei schlechtem Baugrunde entstanden, sind heute, seitdem der Beton allgemein zu solchen Zwecken benutzt wird, verhältnismäßig leicht zu lösen. Gelände, welche wegen des schlechten, wenig tragfähigen Untergrundes früher zur Ausführung größerer Bauten nicht geeignet und die fast wertlos waren, weil die Herstellung eines festen Untergrundes unverhältnismäßig hohe Kosten verursacht hätte, sind durch die Anwendung des Betonbaues zur Aufnahme selbst großer und wichtiger Bauten geeignet geworden, und es sind hierdurch in vielen Fällen neue Werte geschaffen worden, die heute dem Besitzer reichlich Zinsen bringen und zur Hebung des Wohlstandes beitrugen.

Aus seinem eigentlichen Arbeitsgebiete, dem Tiefbau, ist der Betonbau längst herausgewachsen. Immer wieder treten auch bei seiner Anwendung im Hochbau die großen Vorzüge, welche er anderen Bauweisen gegenüber besitzt, zu Tage, und die Bauwelt hat sich seine Formungs- und Anpassungsfähigkeit, seine Feuersicherheit und große Tragfähigkeit nach jeder Richtung hin zu Nutzen zu machen verstanden. Insbesondere dient der Beton in erster Linie dem Bau der Fabriken und anderer großer Gebäude, von denen außergewöhnliche Leistungen in bezug auf die vorstehend gekennzeichneten Eigenschaften verlangt werden. Es ist natürlich unmöglich, alle die zahlreichen Anwendungsgebiete des Betonbaues hier gründlich und eingehend zu besprechen, aber es soll versucht werden, wenigstens einen Ueberblick über die vielseitige Anwendung des Betons im Hoch- und Tiefbau zu geben. Die Sache liegt heute so, daß ein jeder Bauherr sich zuerst die Frage vorzulegen hat: „Tue ich gut, zu dem in Aussicht genommenen Bau Beton oder Eisenbeton zu verwenden, und, wenn ja, in welcher Ausdehnung empfiehlt sich seine Anwendung?" In den allermeisten Fällen wird es ein Leichtes sein, Bauten nachzuweisen, bei denen sich die Anwendung des Beton- und Eisenbetonbaues zweifellos nicht nur in wirtschaftlicher Beziehung, sondern auch vom rein bautechnischen Standpunkt aus glänzend bewährt hat, und diese Fragen werden sich häufig zu Gunsten des Beton- und Eisenbetonbaues klären, wenn der Bauherr genügend über die Vorzüge unterrichtet ist, welche der neuen Bauweise eigentümlich sind.

## Gründungsbauten.

Bei Ausführung der zu jedem Bau erforderlichen Gründungsarbeiten spielt die Beschaffenheit des natürlichen Untergrundes eine wichtige Rolle, und es ist mitunter nicht ganz leicht, zu beurteilen, ob der zu Gebote stehende Baugrund genügende Tragfähigkeit besitzt, die Last des Bauwerkes aufzunehmen. Soweit die Sohle der Baugrube aus festen Felsarten oder aus genügend starken Schichten tragfähigen Lehmes oder Tones besteht, ist die richtige Beurteilung verhältnismäßig leicht; wo es sich aber um aufgeschütteten Boden oder um lose liegende Massen Geröll und ungleichmäßige Beschaffenheit der Bausohle handelt, muß die Prüfung mit großer Umsicht erfolgen. Insbesondere muß den Grundwasserverhältnissen große Aufmerksamkeit geschenkt werden, was auch in dem Fall zu beachten ist, wo es sich um ersichtlich tragfähigen Boden handelt. Der Stand des Grundwassers ist aber wiederum von verschiedenen örtlichen Verhältnissen abhängig. Es gibt Orte, wo der Grundwasserstand häufig wechselt und es kann sehr leicht vorkommen, daß während der Ausführung des Gründungsmauerwerks die Baugrube völlig trocken bleibt, sich jedoch später mit Wasser füllt. Es ist deshalb erforderlich, daß man sich über die Grundwasserverhältnisse der betreffenden Gegend genaue Kenntnis verschaffen muß, wenn man keine Fehler begehen will.

Um nur einige der Schwierigkeiten herauszugreifen, welche bei der Beurteilung des Baugrundes von Bedeutung sein können, soll erwähnt werden, daß beispielsweise nicht nur die Stärke einer an der Sohle vorhandenen Lehmschicht zu ermitteln ist, sondern man muß auch prüfen, ob die Lehmschicht wagerecht oder in schiefer Richtung einfällt, denn es ist schon häufig vorgekommen, daß lehmige oder tonige Schichten während der Ausführung des Baues sich auf ihrer geneigten Unterlage in Bewegung gesetzt haben, wobei dann natürlich das aufgeführte Mauerwerk mitgerissen wird. Auch kann es vorkommen, daß anscheinend tragfähiger Sandboden durch Steigen des Grundwasserspiegels sich in einen Brei, den gefürchteten Schwimmsand, verwandelt, in welchem dann die aufgeführten Mauern völlig versinken.

Bei trockenen Baugruben und gutem, tragfähigen Baugrunde wird man das Grundmauerwerk am einfachsten in Stampfbeton herstellen. Man legt zu diesem Zweck an der Sohle der Baugrube an den in Betracht kommenden Stellen in der Breite der zukünftigen Mauer Gräben an, die man einfach mit Beton in der üblichen Weise dicht ausstampft, wobei ziemlich grobe Zuschlagstoffe passende Verwendung finden können. Oberhalb der Sohle des Baugrundes wird man einfache, aus Bretterwänden hergestellte Stampfformen mit Vorteil benutzen. Der Hergang bei solcher Bauausführung ist also sehr einfach. Anders liegt aber die Sache, wenn die Baugrube mit Grundwasser gefüllt ist, oder Wasserandrang zu erwarten steht. In diesem Fall muß man versuchen, auf die jedem Baufachmann bekannte Art die Baugrube durch Spundwände gegen weiteren Wasserandrang zu sichern und das in der Baugrube vorhandene Wasser während der Ausführung der Gründungsarbeiten durch Pumpen zu entfernen. Mit Vorteil verwendet man bei der Herstellung der Spundwände in neuerer Zeit statt des bisher allgemein üblichen Holzes Spundpfähle aus Eisenbeton, deren Anfertigung noch später beschrieben werden soll. Ist es wegen zu großer Ausdehnung der Baugrube oder aus anderen Gründen nicht möglich, das Wasser ganz zu entfernen, sodaß man im Trocknen arbeiten kann, so ist ist es das Einfachste, zur Gründung mit Schüttbeton zu greifen. Hierbei muß man, um dichtes Betonmauerwerk zu erzielen, gewisse Vorsichtsmaßregeln beachten, die später näher besprochen werden sollen.

In jedem Fall hat die Gründung mit Beton den Zweck, eine einheitliche, feste Unterlage herzustellen, die den Druck des ganzen Gebäudes gleichmäßig auf den Erdboden überträgt, was man bei der Anwendung gewöhnlichen Mauerwerks nur in seltenen Fällen erreichen kann. Bei schlechtem und ungleichmäßigem Baugrund ist die durch den Betonbau erzielte Einheitlichkeit des gesamten Grundmauerkörpers von besonderer Wichtigkeit. Einen schlechten Baugrund geben aufgeschütteter Boden sowie Torf- und Moorerde ab. Nasser Ton gilt gleichfalls nicht als guter Baugrund, da derselbe beim Austrocknen Risse erhält, wodurch das

„Setzen" des Bauwerkes ungünstig beeinflußt wird. Als Regel bei allen Gründungsbauten in nassem Baugrunde muß man daran festhalten, daß sowohl die Sohle als auch die Außenseiten der Betonwände durch wasserabweisende Anstriche von Teer, Asphalt oder Goudron gegen das Durchdringen des Wassers durch den Beton geschützt werden. Ueberhaupt soll der Bauleitende bei ungünstigen Grundwasserverhältnissen nicht voreilig mit der Herstellung der Grundmauern zu Werke gehen, sondern nach wohldurchdachter, reiflicher Erwägung der obwaltenden zu überwindenden Schwierigkeiten seine Anordnungen für die Ausführungen der Bauarbeiten treffen. Nur allzu häufig kommen Fälle vor, wo durch das leichtsinnige und unüberlegte Handeln des Bauführers bei Grundbauten großer Schaden angerichtet wird. Meistens ist dies auf das sorglose und unverständige Behandeln der Grundwasserfrage zurückzuführen.

Bei der Gründung mit Schüttbeton, welche in allen Fällen in Frage kommt, in denen das Wasser aus der Baugrube nicht entfernt werden kann, muß die Betonmasse mittelst eines Trichters unter das Wasser gebracht werden. Dabei ist die Betonmischung etwas fetter zu nehmen, um für den durch das Wasser etwa ausgespülten Zement Ersatz zu schaffen. Bei fließendem Wasser muß der Zementbeton, falls er durch den Trichter versenkt werden soll, in durch hölzerne Wände allseitig abgegrenzte Kammern eingebracht werden. Hierdurch wird vermieden, daß der Zement durch das fließende Wasser ausgewaschen wird. Bild 234 zeigt das Einbringen des Betongemenges auf diese Art. Der Trichter muß dabei stets gefüllt sein und die Betonmasse muß man behutsam schichtenweise hinabgleiten lassen. Das in der Kammer befindliche stehende Wasser soll also durch heftiges Hineinwerfen der Betonmasse nicht aufgerührt werden, damit der Zement aus der Betonmasse nicht herausgewaschen wird. Trotzdem wird man es nicht verhindern können, daß ein Teil Zement durch das Wasser der Masse entzogen wird, und es ist deshalb, wie schon gesagt, angebracht, dem Mörtel etwas mehr Zement zuzusetzen.

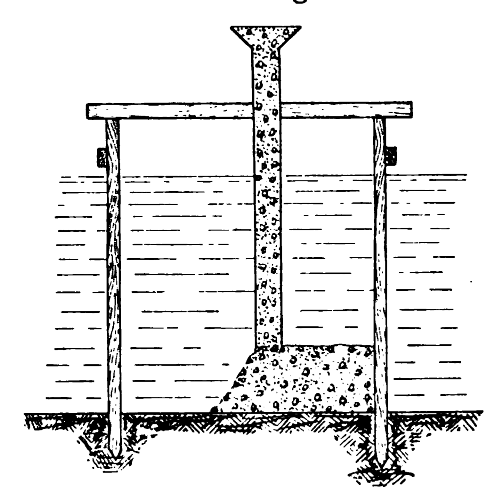


Bild 284. Schüttbetontrichter.

Bei umfangreicheren Grundbauten mit Beton bedient man sich besonderer Kästen zum Einbringen der Betonmasse in die Baugrube, hauptsächlich dann, wenn die Sohle tief unter dem Wasserspiegel liegt. Das Bild 235 stellt einen derartigen Kasten dar. Der aus etwa 5 cm starken Bohlen bestehende, mit Eisen beschlagene Kasten hat gezapfte Wände

und trägt unten einen V-förmigen, beweglichen Boden, der aus zwei in starken Eisenscharnieren beweglichen Türen besteht. Diese Scharniere sind an dem unteren Ende der Seitenwände des Kastens befestigt und die Türen schließen nach der Mitte desselben, wie das obere Bild zeigt. Eine der beiden Türen trägt an ihrer Schlußkante ein Winkeleisen, welches die Stoßfuge verschließt und den Schluß der anderen Tür, die an entsprechender Stelle mit schwachem Bandeisen beschlagen ist, sichert. Die mit dem Winkeleisen beschlagene Tür trägt an jeder seitlichen Kante einen etwas überstehenden Blattbolzen. An den Stirnwänden des Kastens befindet sich beiderseits ein kräftiger, drehbar gelagerter Winkelhebel, der unten hakenförmig ausgebildet ist und bei geschlossenen Türen unter das vorspringende Ende des obenerwähnten Blattbolzens greift, wodurch das Aufklappen der Türen verhindert wird. Der andere Winkelhebel trägt eine Oese, in welcher je ein Seil g befestigt ist.

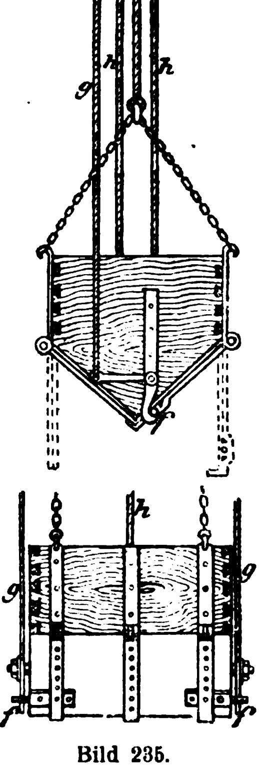


Bild 235.
Schüttbetonkasten.

Beim Gebrauch hängt der Kasten mit geschlossenem Boden in Ketten an einem Krahn. Nachdem die Betonmasse in den Kasten eingefüllt ist, wird er an richtiger Stelle auf den Grund des Wassers hinabgelassen, wobei das Seil g lose geführt wird. Wenn der Kasten am Grunde angelangt ist, werden durch Zug an dem Seil g die Haken gelöst, sodaß das Gewicht des Betons die Türen öffnet und der Inhalt herausfällt. Nach Aufziehen des Kastens wird sodann der Boden wieder geschlossen, indem man einen Zug auf die beim Herunterlassen lose geführten Seile h ausübt, welch letztere an der Innenseite der Verschlußtüren in der Nähe der Schlußkanten befestigt sind. Wenn der Boden wieder geschlossen ist, schnappen die Haken f über die Blattbolzenenden und der Kasten ist zur neuen Füllung bereit. Ein solcher Kasten faßt etwa $^1/_2$ bis $^3/_4$ cbm Beton und ist so einfach gebaut, daß er im Notfalle durch einen einigermaßen geschickten Arbeiter leicht auf der Baustelle angefertigt werden kann.

Auf ähnlichen Grundsätzen beruht der im Bild 236 dargestellte eiserne Schüttkasten, bei welchem das Betongemenge durch Greifer gefaßt und gehoben wird. Der Greifkasten besteht aus zwei um eine Achse drehbaren, eisernen Teilen, deren Querschnitt die Form eines Kreisausschnittes hat. Die Wandungen sind aus Eisenblech und durch Band- und Winkeleisen zweckentsprechend versteift. Die Greifränder des Kastens sind besonders kräftig gehalten und greifen beim Zusammenschließen der beiden Kastenhälften übereinander. An den Außenseiten

der Kastenwandungen ist je eine Kette angebracht, die zu einem gemeinschaftlichen Ring führen. An letzterem ist ein Seil befestigt, das den Kasten in der geöffneten Stellung trägt. Zwei weitere Seile sind an den Enden der Mittelachse befestigt und haben den gefüllten und geschlossenen Kasten zu tragen. Soll der Kasten gefüllt werden, so läßt man ihn in geöffnetem Zustande an dem Seile herunter, an dem die durch einen Ring vereinigten Ketten der Seitenwände sich befinden. Die geöffneten Teile des Kastens läßt man nun auf das Betongemenge niederfallen und hebt mit den beiden Seilen, welche an den Enden der Mittelachse befestigt sind, den Kasten hoch. Hierbei schließen sich die beiden Seitenteile zusammen und nehmen in ihren Hohlraum eine gewisse Menge des Baustoffes auf, welche sie beim weiteren Heben mit sich hochnehmen. Hiernach wird der Kasten an den Verwendungsort geschwenkt, hinabgelassen und zur richtigen Zeit dadurch geöffnet, daß man die beiden Achsenteile losläßt und das Kettenseil anzieht, wodurch der Kasten geöffnet und seines Inhalts entledigt wird.

Man wird die Gründung mit Schütt- oder Stampfbeton natürlich nur dort anwenden, wo die Sohle der Baugrube aus festem und tragfähigem Boden besteht. Wenn die tragfähige Bodenschicht erst in grösserer Tiefe zu finden ist, muß man zur Befestigung der Baugrubensohle schreiten, bevor man mit der Herstellung des Grundmauerwerks beginnt. Hierzu benutzt man am einfachsten das Eintreiben von Pfählen, die man soweit einschlägt, daß ihr unteres Ende genügend tief in den festen Baugrund hinabreicht, sodaß ein sogenannter Pfahlrost entsteht, auf welchem das Grundmauerwerk eine sichere und unnachgibige Grundlage findet. Die früher zu diesem Zweck durchgängig benutzten Holzpfähle werden seit einigen Jahren mit großem Vorteil durch Beton- oder Eisenbetonpfähle ersetzt.

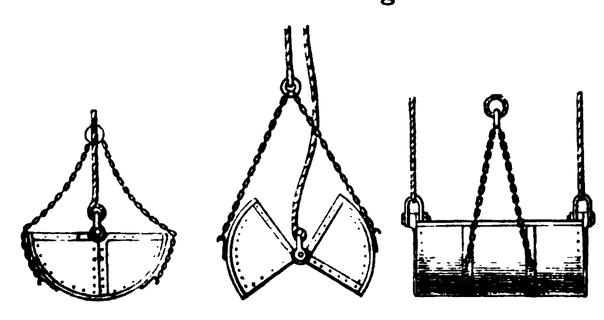


Bild 236. Greiferkasten für Schüttbeton.

Die Holzpfähle hatten große Nachteile, denn sie mußten stets soweit in das mit Wasser durchsetzte Erdreich hineingetrieben werden, daß sie auf alle Fälle stets unter Wasser standen, weil sie sonst leicht der Fäulnis an der Grundwasserlinie anheimfielen und ihren Zweck nicht erfüllten. Das Bild 237 zeigt klar, daß bei der Benutzung von Beton- und Eisenbetonpfählen bedeutende Vorteile zu erzielen sind. Wir sehen rechtsseitig eine Gründungsmauer, die in der bisherigen Weise auf einem Holzpfahlrost aufgeführt ist, während linksseitig Betonpfähle zur Verwendung kamen. Es bedarf keiner weiteren Erörterung, um die bedeutenden Er-

sparnisse richtig zu schätzen, die allein durch geringere Erdbewegung und durch geringere Maurerarbeit bei Anwendung von Beton- und Eisenbetonpfählen entstehen.

Zuerst wurden diese Pfähle in der Weise hergestellt, daß man einen Holzpfahl in das Erdreich einrammte und ihn, sobald er die gewünschte Tiefe im tragfähigen Boden erreicht hatte, wieder herauszog. In den so hergestellten Hohlraum wurde dann die Betonmasse eingebracht und festgestampft. Es ist klar, daß auf diese Weise eine tadellose Arbeit nicht geleistet werden konnte, da die aus Erde bestehenden Formwände leicht nachgaben oder nachstürzten. Man bediente sich dann später eiserner Formen, welche man mittelst eisernen Formkernes in die Erde hineintrieb und die alsdann nach Entfernung des Kernes mit Beton vollgestampft wurden. Die wenn auch äußerst dünnen Blechformen waren natürlich dabei als verloren zu betrachten. Das Bild 238 auf Seite 297 stellt eine derartige Formeinrichtung dar, welche sich in Amerika vorzüglich bewährt hat. Der zusammenlegbare Kern, welcher die Blechhülse während des Eintreibens in den Boden ausfüllt, besteht aus Gußeisen und ist etwa 9 m lang. Der Durchmesser beträgt an der Spitze etwa 15 cm und am oberen Ende 50 cm. Das Gesamtgewicht erreicht 3400 kg. Das Ganze besteht aus zwei ineinander gesteckten Teilstücken, einem inneren, sechsseitig abgeflachten Kernstück, welches sich stufenförmig nach unten verjüngt und einem dasselbe umschließenden, konischen Mantelstück, welches sich aus drei gleichen Segmenten zusammensetzt. Das letztere schließt sich mit seiner Außenfläche dicht an die innere Fläche der Blechhülse an, wobei zwischen den einzelnen Segmenten an den senkrechten Stoßfugen ein schmaler Raum freibleibt. Das innere

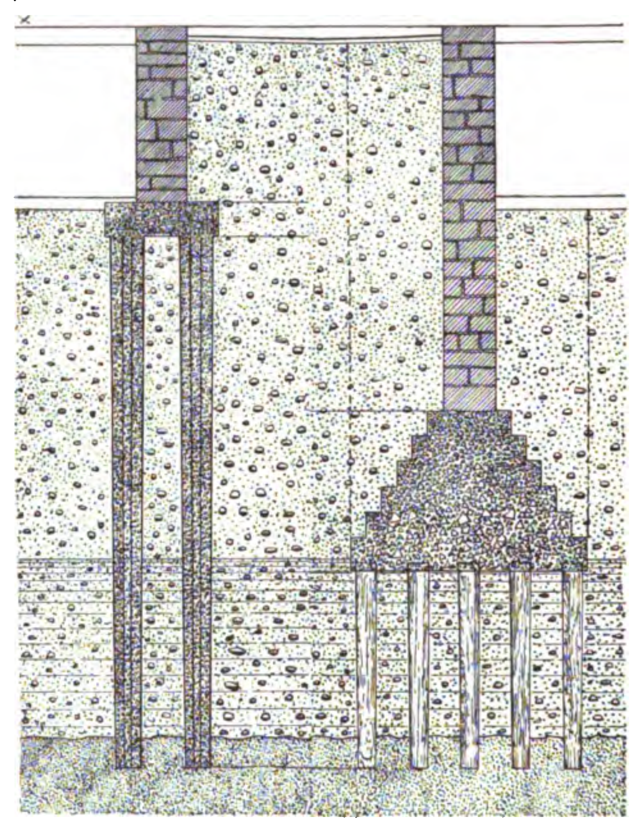


Bild 237.
Unterschied zwischen Beton- und Holzpfahlgründung.

sechsseitig abgeflachte Kernstück setzt sich aus einem oberen und einem unteren Teil zusammen, welche miteinander durch versenkte Schrauben verbunden sind. Die schrägen Absätze des inneren Formkernes setzen sich beim Eintreiben auf entsprechende Vorsprünge an der Innenseite der Mantelkernsegmente auf. An diesen Stellen ist auch das sechsseitig abgeflachte Kernstück mit dem Mantelstück durch kurze drehbar gelagerte Flacheisenstücke gelenkartig verbunden, sodaß beim Herausziehen des Kernstückes die Segmente des Mantelstückes sich einander nähern, und dann der ganze Füllkern sich von der Blechhülse löst. Durch weiteres Anziehen läßt sich dann leicht die ganze Kernform aus der Hülse entfernen, sodaß der Hohlraum derselben vollständig frei wird und nunmehr mit dem Beton ausgefüllt werden kann. Das Bild 238 gibt von der Art der Zusammensetzung der einzelnen Teile und dem Zusammenwirken derselben aufeinander eine deutliche Anschauung. Das obere Ende des Kernstückes trägt eine Schlaghaube, welche oben mit einer Aussparung zur Aufnahme eines Eichenklotzes versehen ist, durch welche die Schläge des Rammbärs übermittelt werden. Die konische Blechhülse, in welcher die Kernform steckt, ist aus Eisenblech hergestellt und besteht aus mehreren, etwa 2,50 m langen Schüssen, die teloskopartig ineinander stecken. Diese Rohrschüsse haben geschweißte Nähte. Beim Gebrauch werden vier zu einer Hülse gehörige Rohrschüsse ineinander gestellt, die Kernform in der Mitte aufgestellt und dann der weiteste Schuß durch ein dünnes Drahtseil in die Höhe gezogen, wodurch die anderen Schüsse selbsttätig mitgenommen werden. Nach vollständigem Aufziehen bietet sich dann der Anblick dar, wie er auf dem Bild 239 zur Darstellung gelangt. Nachdem das Ganze ein-

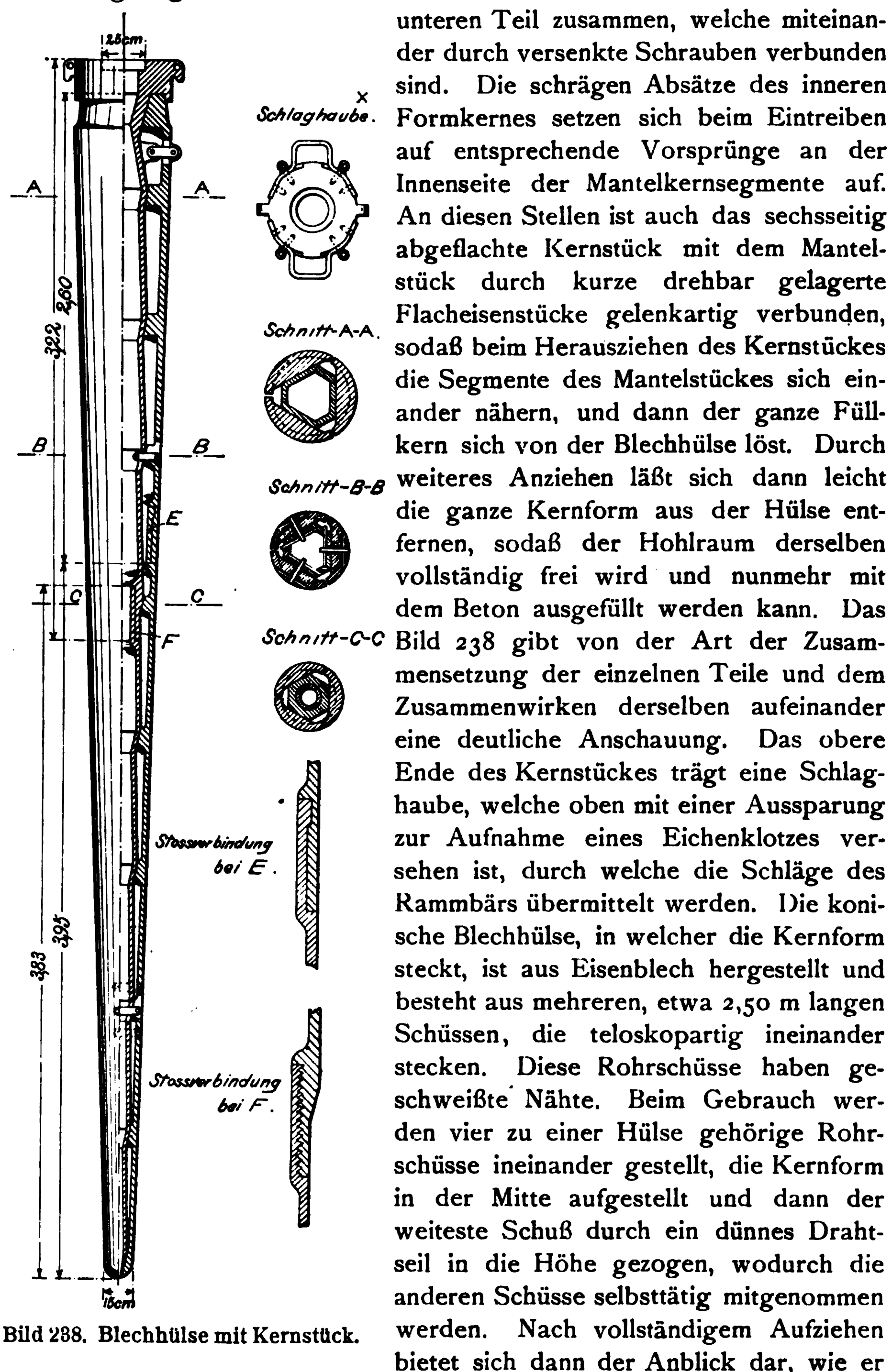


Bild 238. Blechhülse mit Kernstück.

gerichtet ist, erfolgt das Einrammen genau in gleicher Weise wie bei Holzpfählen. Nach beendetem Einrammen gelingt das Herausziehen der Kernform leicht dadurch, daß man nach Abheben der Schlaghaube den mittelsten Teil der Kernform etwas anhebt, wobei man durch leichte Hammerschläge gegen die Blechhülse nachhilft. Die Segmente der Mantel-



Bild 289. Einrammen der eisernen Pfahlform

hülle gehen dann nach der Mitte zu durch die Wirkung der oben erwähnten gelenkartigen Verbindung zusammen und die Kernform wird von der Blechhülle frei, wonach sie mit Leichtigkeit herausgehoben werden kann. Während die Ramme nach dem nächsten Ort bewegt wird, kann mit dem Einfüllen des Betons in den Hohlraum der Blechhülse begonnen werden.

Da diese besondere Herstellung von Betonpfählen jedoch immerhin etwas umständlich ist und auch große Anlegekosten erfordert, so hat sich diese Arbeitsweise in Europa nicht einbürgern können, zumal auch die Beschaffung der Blechhülsen sehr teuer wird. Man ging daher bald dazu über, die Betonpfähle in liegenden Formen anzufertigen und ihre Festigkeit durch Eiseneinlagen zu erhöhen. Die Formen bestanden meistens aus hölzernen Bohlen, die je nach der Form der herzustellenden Pfähle besonders miteinander zusammengefügt waren. Jedenfalls hat man den Wert der Betonpfähle richtig zu würdigen verstanden und kommt von der Verwendung der Holzpfähle immer mehr und mehr zurück.

Einige Arten dieser Eisenbetonpfähle zeigen die nachstehenden Bilder 240 bis 245. Die Pfähle haben bei rechteckigem Querschnitte eine pyramidenförmige Spitze und sind aus Portlandzementbeton meistens in der Mischung 1 : 2 : 4 hergestellt. Die Eiseneinlage wird aus vier Rundeisenstäben von 36 mm Durchmesser gebildet, die einzeln an den Ecken angeordnet und an der Pfahlspitze zusammengezogen sind. Weitere vier Eisen von dem gleichen Durchmesser sind gleichlaufend damit in der Mitte der Seitenflächen in gleicher Ebene eingelegt, wie aus dem Querschnitt in Bild 240 zu ersehen ist. Die gußeiserne Spitze ist mit dem Pfahlkörper mittels schmiedeeiserner Bügel verbunden, die an ihren oberen Enden umgebogen sind. Die Eiseneinlagen sind in wechselnden Abständen mit Drähten verbunden. Am Pfahlkopf wird die Betonierung noch etwa 5 cm höher geführt, als die Enden der Eisenstäbe liegen. Nachdem die Pfähle eingerammt sind, kann der überstehende Beton entfernt und die infolgedessen herausragenden Eisenstäbe mit dem Ueberbau verbunden werden.

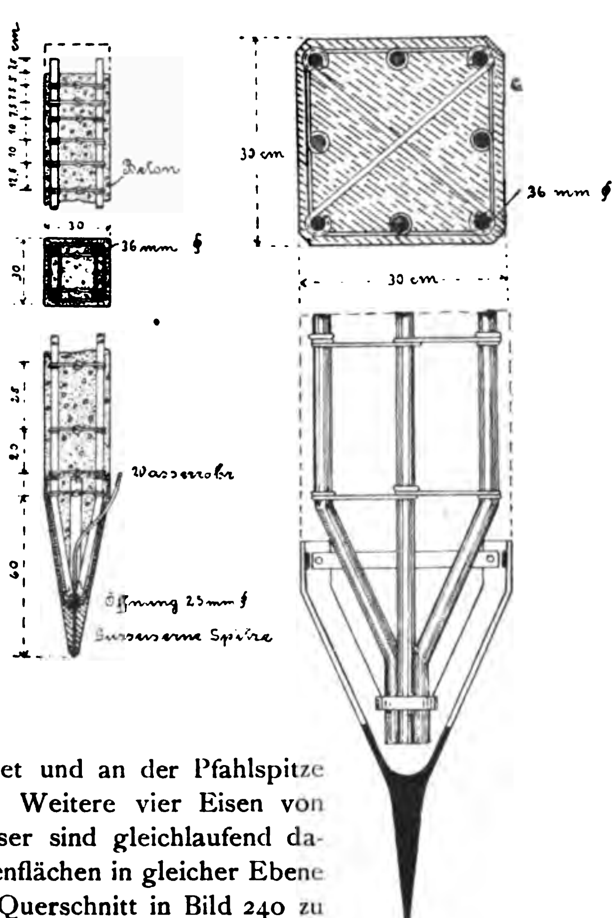


Bild 240.

Der in Bild 241 dargestellte Gründungsbau wurde bei einem

10 geschossigen Gebäude in New-York ausgeführt. Die Eisenbetonpfähle sind hierbei in Gruppen von 2, 4 oder 6 Stücken angeordnet und durch eine Betonplatte mit Eiseneinlage abgedeckt. Die Formen werden dabei entweder liegend oder stehend aufgestellt. Jedes der beiden Verfahren hat seine Vor- und Nachteile. Ein Vorzug der stehenden Form ist, daß der Beton in der Richtung der späteren Druckbeanspruchung gestampft wird, der Druck also senkrecht zur Schichtrichtung ausgeübt wird, während der Nachteil bei dieser Anfertigung darin liegt, daß der Beton in einem engen Raum verdichtet werden muß und deshalb nur höchstens zwei Arbeiter gleichzeitig mit Stampfen beschäftigt werden können.

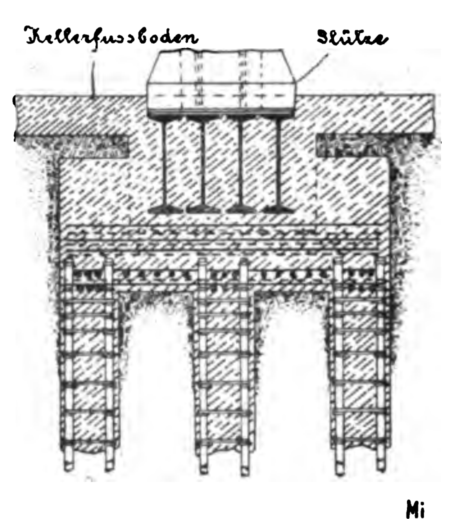


Bild 241.

Bei den liegenden Formen liegen die einzelnen Betonschichten parallel zur späteren Druckrichtung. Das Einstampfen ist indes erheblich leichter.

In Bild 242 ist die in den Vereinigten Staaten häufig zur Anwendung gelangende Eisenbetonpfahl-Bauart „Simplex“ dargestellt. Die Eiseneinlage besteht aus einem Mantel von 8 mm starkem Streckmetall von 75 mm Maschenweite.

Bild 243 stellt die von dem Ingenieur Raymond eingeführte Bauart dar. Die hiernach hergestellten Eisenbetonpfähle enthalten einen in der Mitte des Querschnitts angeordneten und sich bis zur Pfahlspitze erstreckenden Rundeisenstab von 40 mm Durchmesser. Am Pfahlumfang sind noch drei Stäbe von je 18 mm Stärke in bestimmten Abständen von einander angelegt. Der im Querschnitt kreisförmige Pfahl nimmt gleichmäßig vom Kopf bis zur Spitze im Durchmesser ab.

Mantel aus Streckmetall

Bild 242.
Simplexpfahl.

18 mm ∅
40 mm ∅

Mkk

Bild 248.
Raymondpfahl.

In Bild 244 ist die Einrichtung veranschaulicht, die zum Eintreiben der „Simplex"-Pfähle benutzt wird. Der schmiedeeiserne Hohlzylinder wird über den Hals einer vorher angefertigten Betonspitze geschoben und dann mittels einer gewöhnlichen Ramme bis zur erforderlichen Tiefe eingetrieben. Zur Uebertragung der Schläge dient ein Aufsetzer aus Eichenholz. Nach völliger Eintreibung der Locheinhüllung wird die Eisenverstärkung des Pfahles in Gestalt eines Streckmetallmantels soweit hineingeschoben, bis dessen unteres Ende auf der Betonspitze aufsitzt. Sodann wird Beton in die Oeffnung eingebracht und der zur Vortreibung des Loches dienende Hohlzylinder mit dem Fortschreiten der Betonierung allmählich herausgezogen. Der Zylinder kann dann mit neuer Spitze versehen und zur Herstellung eines anderen Loches verwendet werden. Um die Pfähle durch festen Boden zu treiben, wird nur ein Hohlzylinder benutzt; ist jedoch der feste Untergrund, wie bei Gründungen unter Wasser, von einer Wasserschicht bedeckt, so wird ein zweiter Zylinder über den ersten geschoben und mit diesem durch eine Schelle verbunden, sodaß er gleichzeitig mit ersterem eingetrieben werden kann. Der zweite Zylinder ist kürzer als der eigentliche zum Eintreiben bestimmte und reicht nur so weit in den Boden ein, daß das Wasser mit Sicherheit aus dem Loch gehalten wird.

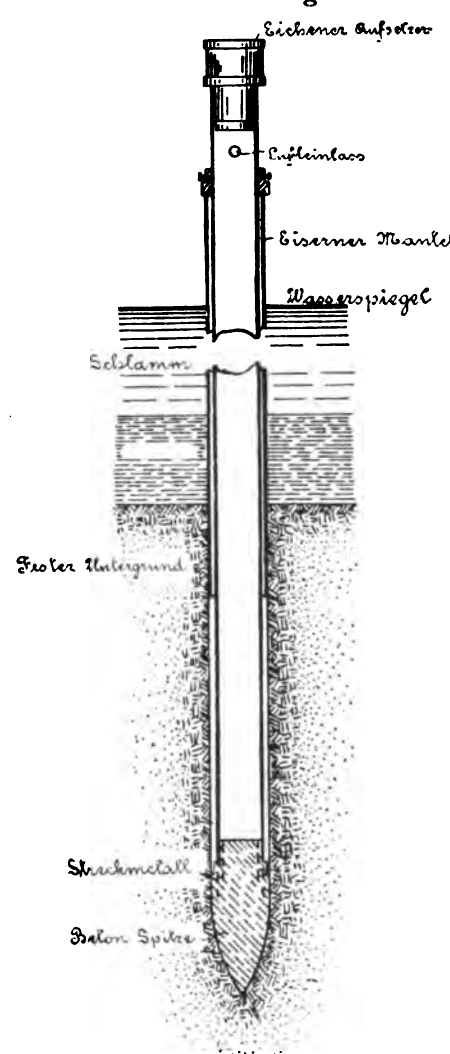
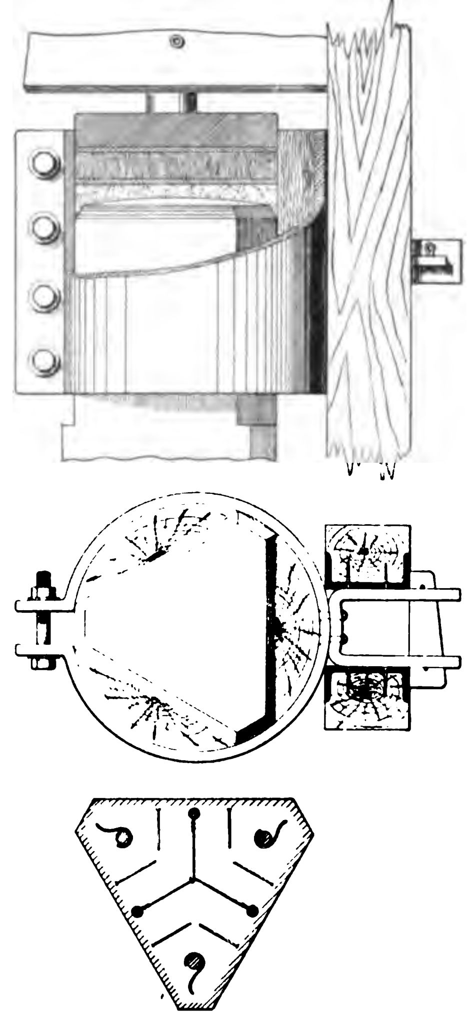



**Bild 244. Simplexpfahl beim Eintreiben unter Wasser.**

Durch Lösen der Schelle läßt sich der innen liegende Zylinder für sich herausziehen, während der äußere als Schutz des über der Wasserlaufsohle liegenden Pfahlteiles dauernd an seinem Platz belassen wird. Die Zylinder bestehen meistens aus 10 mm starkem Eisenblech.

Beim Bau des neuen Amtsgerichtsgebäudes in Berlin am Wedding wurden, ehe man sich zur Verwendung von Eisenbetonpfählen endgültig entschloß, Probepfähle angefertigt, die man scharfen Probebelastungen

unterwarf. Die Eisenbetonpfähle entsprachen den an sie gestellten Anforderungen auf das Glänzendste und es wurde deshalb ihre allgemeine Verwendung beschlossen. Die Probepfähle wurden zunächst von quadratischem Querschnitt 30 × 30 cm hergestellt. Schließlich wurden jedoch Pfähle von dreieckiger Querschnittsform mit abgeschnittenen Ecken und als Einlage drei Eisenstäbe von 26 mm Durchmesser verwendet. Diese drei Stäbe wurden an der Spitze wie bei den vorher beschriebenen Probepfählen, nach der Mitte zusammengezogen und durch Schweißung zu einer Spitze vereinigt. Die Querverbindungen durch Flacheisen wurden durch Drahtschlingen, die ringförmig jeden Einlagestab umfaßten, ersetzt. Das Stampfen der Pfähle erfolgte in einem aus Bohlen hergestellten, aufrechten, im Grundriß zickzackförmig angeordneten Stampfgerüst. Die hierdurch entstehenden Flächenwinkel wurden, nachdem das fertige Eisengerüst darin aufgestellt war, je nach Fortschreiten der Stampfarbeit durch vorgeschraubte Bohlenstücke verschlossen, sodaß bei Fertigstellung des Pfahles derselbe in vollständig geschlossener Form stand.


Bild 245. Eisenbetonpfahl mit dreieckigem Querschnitt.

Die fertig gestampften Pfähle blieben, nachdem sie mit einem feuchten Tuch oder Sack am oberen Ende abgedeckt waren, je nach der Witterung bis zu 24 Stunden stehen und wurden dann unter ständiger reichlicher Anfeuchtung noch 6—8 Tage in der Holzform belassen. Das Bild 245 zeigt den Querschnitt der Pfähle sowie die Einzelheiten der Kopfform des Pfahles.

Zur vollständigen, gleichmäßigen Durchfeuchtung des ganzen Pfahles vom oberen Ende bis zur unteren Spitze genügte es, daß der Arbeiter durch Nebenhalten eines Wasserschlauches für eine niedrige Wasserschicht auf dem Kopfende des Pfahles sorgte.

In 6—8 Tagen war die Erhärtung des Betons bereits soweit

vorgeschritten, daß nach Abschrauben der dritten Seite der Form der Pfahl durch ein hintergeschobenes Eisen in der Lehre etwas abgedrückt und vermittelst einer auf Schienen aufgebauten Winde in senkrechter Lage herausgenommen und in den Gängen zwischen den Stampfformreihen aufgestellt werden konnte.

In dieser Stellung verblieben die fertigen Pfähle unter fortwährender je nach der Witterung stärkerer oder schwächerer Bewässerung, und je nachdem die betreffende Stampfformreihe wieder in Benutzung genommen werden mußte, weitere 8—10 Tage.

Dann wurden sie durch große Hebekrahne, welche den ganzen Herstellungsraum bestrichen, herausgehoben, auf kleinen Wagen zu den Lagerplätzen gebracht und daselbst aufgestapelt.

Nach 4 wöchigem Lagern wurden die Pfähle mittelst schwerer, besonders zu diesem Zweck angefertigter Rammen eingebracht. Durch Versuche war festgestellt, daß das Bärgewicht von wesentlichem Einfluß auf den Fortgang der Arbeit war, weswegen für die verwendeten Rammen ein Bärgewicht von 2500 kg gewählt wurde.

Bei den Versuchen hatte sich ferner herausgestellt, daß es notwendig war, den Pfahlkopf durch geeignete Mittel vor dem Zerschlagen durch den Rammbär zu schützen, was besonders leicht bei schwerem Bärgewicht erfolgte. Durch Aufsetzen von Holzjungfern und ähnlichen Mitteln wurde daran nichts gebessert, sodaß eine besondere Pfahlhaube angewandt werden mußte. Zu diesem Zweck wurde der Pfahlkopf auf 40 cm Länge an den Kanten etwas mehr abgeschrägt und unter Zwischenlegen von segmentartigen Holzstücken ein 50 cm hoher, aus 2 cm starken Flacheisen bestehender Ring fest aufgepaßt, und zwar so, daß der obere Rand des Ringes etwa 12—13 mm über das obere Pfahlende hinausragte, wie das Bild 245 auf Seite 302 zeigt. In die dadurch entstandene Vertiefung wurde zunächst eine $2^1/_2$ cm starke Bleiplatte eingelegt, darauf folgte eine 1 cm starke Eisenplatte, auf welcher wieder eine 5 cm starke Holzplatte ruhte. Auf diese Holzplatte folgte eine zweite 1 cm starke Eisenplatte. Hierdurch wurde ein elastisches Polster gebildet, welches der Zertrümmerung des Pfahlkopfes erfolgreich vorbeugte. Gleichzeitig wurde die Pfahlhaube dazu benutzt, durch Annieten einer aus kräftigen U-Eisen gebildeten Lasche dem Pfahl die Führung zwischen den beiden Holmen, welche zur Führung des Rammbärs dienten, zu geben. Während der Arbeit wurde hinten ein durch Splinte gesicherter Keil vorgestreckt, wodurch der Pfahl mit Sicherheit in seiner Richtung gehalten wurde. Diese Einrichtung bewährte sich auch in den Fällen, wo der Pfahl mit einer Flächenseite nach vorn gerammt werden mußte, während die spitze Seite den Holmen zugekehrt war.

Die Pfähle wurden in der Regel in einer Länge bis zu 10 m angefertigt. Wenn es nötig war, sie verlängern zu müssen, konnte dies leicht bewirkt werden. Man hatte zu diesem Behufe nur nötig, den

Beton von dem oberen Ende des Pfahles zu entfernen, sodaß die Eiseneinlage bloßlag, dann die Eiseneinlage der geplanten Verlängerung mit der freigelegten durch Draht auf eine bestimmte Länge fest zu verbinden, und zum Schluß nach Umbau der Stampfform den Beton fest einzustampfen. Nach erfolgter Erhärtung konnte der Pfahl dann ohne weiteres nach dem bisher geübten Verfahren weiter eingerammt werden.

Außer den eben beschriebenen Pfählen stellt man auch Pfähle für Spundwände aus Zementbeton her, wobei man wiederum durch Eiseneinlagen die Festigkeit bedeutend erhöht. Die aus Holz hergestellten Spundwände müssen stets völlig vom Wasser bedeckt sein, da dieselben sonst in kurzer Zeit dem sicheren Verderben verfallen sind. Für dauernde Bohlwerke, bei denen ein Teil der Wände über den Wasserspiegel hinausragt, sind sie daher nicht gut zu gebrauchen. In der Nähe Stettins wurde vor einigen Jahren ein Bohlwerk aus Eisenbetonpfählen hergestellt,

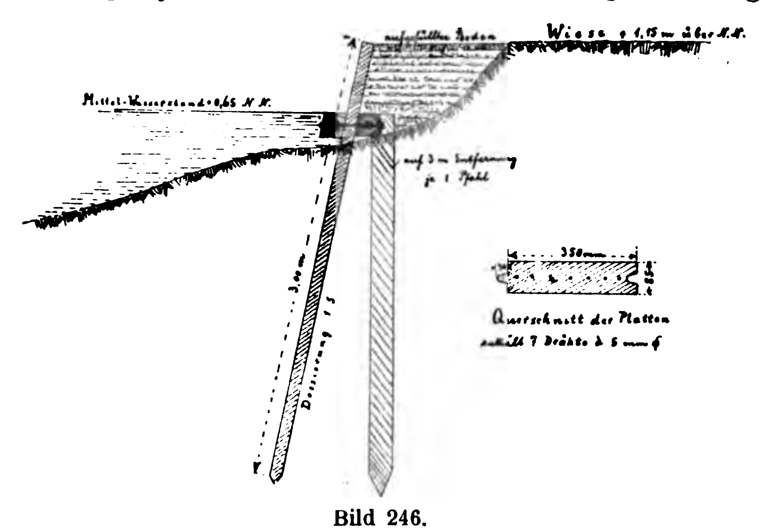



Bild 246.

das sich bisher vorzüglich bewährt hat und das im Bilde 246 dargestellt ist. Die Spundbohlen waren 3 m lang, 35 cm breit und 8,5 cm stark und enthielten in ihrem Innern 7 Rundeisenstäbe von 5 mm Durchmesser, die in Abständen von ungefähr 30 cm durch dünne Drähte gegen das Verschieben beim Einstampfen gesichert wurden. Diese Eisenbetonbohlen wurden in einfache Holzrahmen liegend eingestampft. Es mag hierbei noch einmal erwähnt sein, daß Pfähle, die einen senkrechten Druck aufzunehmen haben, besser in stehende Formen eingestampft werden, da dies indessen, hauptsächlich bei größeren Pfählen, mit Schwierigkeiten verknüpft ist, so wird man das Stampfen im Liegen vorziehen, und dafür lieber die Pfähle durch Eiseneinlagen kräftig verstärken. Immerhin sollte man, wenn irgend angängig, das Stampfen in senkrecht stehenden Formen vornehmen, da bei derartig hergestellten Pfählen die Verteilung des Druckes auf die wagerecht übereinander liegenden Stampfschichten ungleich günstiger ist,

als bei den senkrecht nebeneinander stehenden langen Stampfschichten der Pfähle, welche liegend gestampft wurden.

Eine weitere Gründungsart ist endlich die mittelst hölzerner Senkkästen (Bild 247), die nach dem Versenken mit Beton angefüllt und vollgestampft bis auf den festen Boden durch zur Baubelastung untaugliche Bodenschichten gleichsam als Pfeiler hindurchreichen. Die zum Senken bestimmten Kästen sind der Belastung entsprechend große, rechteckige Holzrahmen von etwa 1 m Höhe, die von kräftigem kiefernen Holze hergestellt sind und deren unterster Teil zum leichteren Einsinken in den Baugrund einen keilförmigen Eisenbeschlag erhalten hat. Der Kasten wird belastet und der zwischen den Kastenwandungen lagernde Boden herausgeschafft. Dabei wird hauptsächlich für die eindringende Schneide des untersten Senkkastens Luft geschaffen, indem man die unter ihr lagernden Bodenteile fortnimmt. Ist der erste Kasten tief genug eingedrungen, so wird auf diesem ein zweiter Kasten aufgesetzt und mit Belastung versehen. Der Erdboden wird dann weiter herausgeholt, dem Kasten wieder ein dritter, vierter und so fort aufgesetzt, bis der gute Baugrund erreicht ist. Dann wird in das Innere des Holzschachtes Beton eingefüllt und festgestampft.

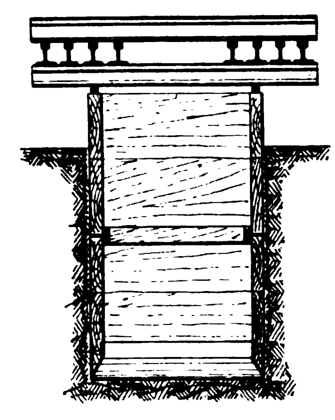


Bild 247.
Hölzerner Senkbrunnen.

Da beim Einsenken der Holzkästen wegen der rauhen Außenflächen viel Reibung zu überwinden und das Absenken, hauptsächlich bei größeren Kästen, auch nicht ganz ohne Gefahr ist, so bedient man sich vielfach runder Betonringe, deren Außenflächen sauber geglättet sind und die deshalb viel weniger Reibung verursachen. Bild 248 zeigt einen derartigen Senkbrunnen, bei denen die eingesenkten Betonringe nicht als verlorene Form gelten, sondern bei der Belastung durch das Bauwerk gleichzeitig tragende Teile werden. Auch hier wird das Innere des Brunnens mit Beton angefüllt und festgestampft. Um ein Abgleiten des einen Ringes von dem anderen zu vermeiden, erhalten die Ringe Nut und Feder, wodurch gleichzeitig die äußere Gleitfläche durch das Hervortreten der Kanten nicht unterbrochen und so ein leichtes Senken der Brunnenringe erzielt wird. Sobald die Brunnen vollgestampft sind, verbindet man diese unter sich durch Zementbetonbögen, auf welche dann das eigentliche Bau-

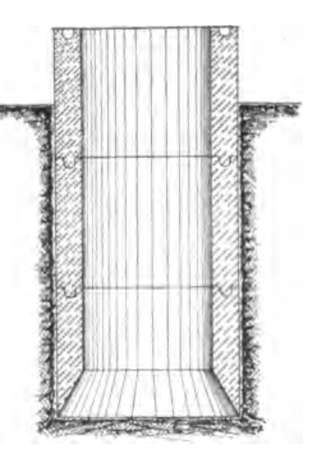


Bild 248. Senkbrunnen aus Betonringen.

werk gesetzt wird. Bei größeren Bauwerken, hauptsächlich dann, wenn dieselben wegen des vorhandenen unsicheren Baugrundes auf Pfahlrosten stehen, legt man über die Pfähle eine entsprechend starke Eisenbetondecke, um die Last nach allen Richtungen hin gleichmäßig zu verteilen. Erst auf diese Grundplatte baut man dann das aufgehende Mauerwerk auf. Das Setzen des Gebäudes wird hierbei ganz gleichmäßig von statten gehen, da die Eisenbetonplatte den gesamten Druck aufnimmt und verteilt. Sehr vorteilhaft wird diese Gründungsbauweise z. B. bei Schornsteinbauten angewendet, wo es darauf ankommt, die schädlichen Wirkungen, welche das Schwanken der Schornsteinsäule verursacht, aufzuheben.

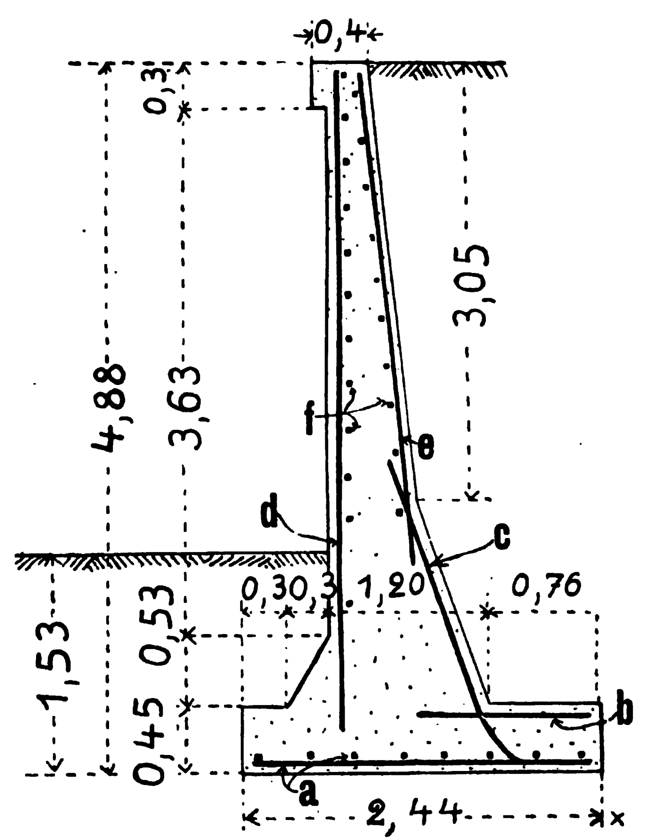


Bild 249. Futtermauer aus Eisenbeton.

Mauern und Wände.

In welcher Weise Mauern und Wände hergestellt werden, wenn als Baustoff hierzu nur Beton verwendet werden soll, ist auf den S. 157 und ff. beschrieben worden. Häufig ist man aber genötigt, bei starker Beanspruchung Eiseneinlagen dem Beton einzuverleiben, und dann wird man nicht immer mit den gewöhnlichen Betonstampfformen auskommen, sondern muß die Formen oder Schalgerüste je nach der Art der Eiseneinlagen einrichten. Hierzu würden u. a. die Stützmauern gehören, die die Aufgabe haben, die Last einer hinter ihr liegenden Erdbodenmenge aufzunehmen. Das Bild 249 veranschaulicht eine solche Futtermauer aus Eisenbeton, die bei Verwendung anderer Baustoffe unter gleichen Verhältnissen erheblich größere Abmessungen erhalten müßte. Die Mauer ruht auf einer 2,44 m breiten und 0,45 m starken Grundplatte, die in der Zugzone einen Rost von quer übereinander gelegten 12,5 mm starken Stäben a birgt, deren gegenseitiger Abstand von Mitte zu Mitte 30 cm beträgt. Gleiche Abstände und Stärke

haben die kurzen in der Druckzone der Platte gelegenen Stäbe b, sowie die beim Uebergang zwischen der Grundplatte und der eigentlichen Futtermauer liegenden Stäbe c, welche die Verbindung dieser beiden Bauteile bewirken. Die Vorderseite der Wand steigt bis zu einer Höhe von 53 cm über der Grundplatte schräg auf und verläuft von da ab bis zur schwach vortretenden Krone senkrecht, wobei 60 cm voneinander entfernte 12,5 mm starke, senkrechte Stäbe d und 25 cm voneinander abstehende, ebenso starke wagerechte Stäbe f die Eiseneinlage bilden. Die ersteren reichen bis ungefähr in die Mitte der Höhe der Grundplatte. Die hintere Wandfläche steigt zunächst, der Richtung der Stäbe c folgend, bis zu einer Höhe von 1,38 m über der Grundplatte in einem Winkel von ungefähr 75° an, der von da ab in ungefähr 85° übergeht. Die Mauerkrone einschließlich der Ausladung ist nur 40 cm stark. Die schrägen Stäbe e an der dem Erddruck ausgesetzten Seite liegen dichter beisammen als in der Vorderwand, da ihr Abstand voneinander nur 30,5 cm beträgt. Die Stärke dieser Stäbe ist dieselbe wie die der Stäbe d und f. Die Gesamthöhe des Bauwerkes beträgt 4,88 m, wovon 3,35 m über Geländelinie hervorragen. Die Breite der Futtermauer beträgt am Fuße 1,50 m, an der Krone 0,30 m. Der Putz der Schaufläche ahmt, wie Bild 250 zeigt, Hausteinmauerwerk in sehr geschickter Weise nach, und es wurde dazu Mörtel aus Zement und Granitgrus verwendet.



Bild 250. Ansicht der fertigen Futtermauer.

Freistehende Mauern zur Einfriedigung großer Plätze stellt man sehr vorteilhaft aus Eisenbeton her, da man bei dieser Anwendung die Kosten für Erdaushub und die Arbeiten für das Grundmauerwerk äußerst be-

schränken kann. Im Gegensatz hierzu erfordert Ziegelmauerwerk die Ausführung teurerer und stärkerer Grundmauern, womit naturgemäß auch umfangreichere Erdarbeiten verbunden sind. Außerdem muß man bei Verwendung von Ziegeln auf besondere Güte und Wetterbeständigkeit achten und man ist gezwungen, bei Verwendung von gewöhnlichen Hintermauerungsziegeln die Flächen mit Zementputz zu versehen.

Mauern aus Stampfbeton sind, sachgemäße Ausführung vorausgesetzt, im allgemeinen billiger als Ziegelmauerwerk, aber sie erfordern ein ebenso sorgtältig ausgeführtes Grundmauerwerk und außerdem müssen Stampfbetonmauern von einigermaßen beträchtlicher Höhe ziemlich stark angelegt werden, wodurch großer Baustoffverbrauch eintritt.

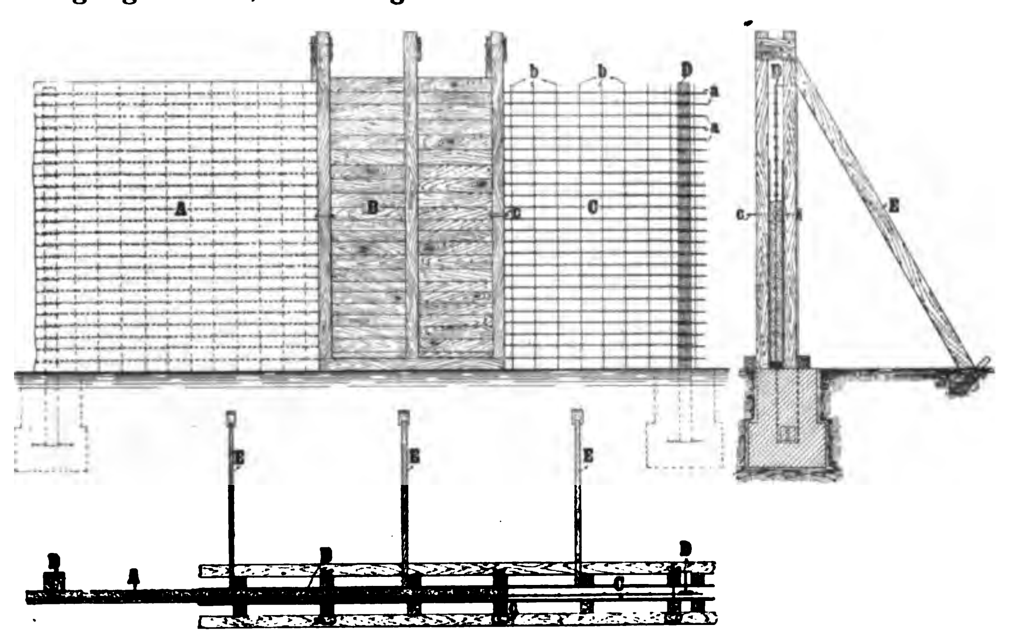


Bild 251. Einfriedigungsmauer aus Eisenbeton.

Neuerdings wendet man häufig zu diesem Zweck den Eisenbeton an, und man hat damit vorzügliche Erfolge erzielt. Zunächst braucht man die Umfassungsmauern aus Eisenbeton bei weitem nicht so stark zu machen, als bei Ziegelmauerwerk oder Stampfbeton. Ferner aber kann man von durchgehendem Gründungsmauerwerk absehen, und braucht nur für die in größeren Entfernungen voneinander befindlichen Pfeiler besondere Grundsockel aufzuführen, während sich die zwischen den Pfeilern befindlichen Felder in sich selbst tragen. Bei der im Bild 251 dargestellten Mauer waren in Abständen von 5 zu 5 m mit Fußlaschen versehene I-Eisen (D) N.P. 18 aufgestellt, welche etwa $2^1/_2$ m über den Erdboden hervorragten. Die Träger standen mit ihrem unteren Ende in der Erde in je einen Betonklotz eingebettet. In Höhenabständen von etwa 10 cm waren über der Geländelinie vom äußeren Flansch des

einen I-Trägers bis zum äußeren Flansch des anderen I-Trägers wagerechte Rundeisenstäbe (a) gezogen und an ihren Enden um die Flanschen der Träger hakenförmig herumgebogen, wie dies aus dem Bild 251 zu ersehen ist. Die Rundeisenstäbe hatten etwa 7 mm Durchmesser und wurden im warmen Zustand umgebogen. In Abständen von 20 zu 20 cm werden senkrechte Eisenstäbe aufgestellt und mittelst Bindedraht mit den wagerechten Eisenstäben verbunden. Die Aufstellung des Stampfgerüstes erfolgte in der Weise, daß in Abständen von etwa 1 m und 7,5 cm von den senkrechten Eisenstäben entfernt hölzerne Säulen aufgestellt wurden, die man unten mittelst eiserner Klammern an einer Schwelle befestigte. Auf der anderen Seite des Eisengerippes wurden ebenfalls Holzsäulen aufgestellt, die in gleicher Weise durch eine Schwelle gehalten wurden, während sie oben durch ein übergenageltes Brettstück mit der gegenüberstehenden Säule verbunden wurden. Durch die Steifen E werden die Säulen in gleicher Lage gehalten. Gegen das Ausbauchen beim Einstampfen diente ein in der Mitte durch beide Ständer gezogener Verbindungsbolzen (c), der mit einem Handgriff zum leichten Herausziehen versehen ist und am anderen Ende ein Gewinde mit einer Flügelmutter trägt. Danach wurden von Länge geschnittene Bretter hinter die Ständer eingebracht. An den Enden der Schalbretter waren Spreizstücke eingebracht, wodurch die Entfernung von 10 cm zwischen den Innenseiten der Bretter überall festgehalten wird. Diese Anordnung ist in dem Bild 251 bei B ersichtlich. Die Stärke der Schalungsbretter braucht bei diesem Gerüst nur etwa 25 mm zu betragen. Beim Einfüllen der Betonmasse in die Schalung werden nur immer zwei oder höchstens drei Brettseiten aufeinander gesetzt, um die Betonmasse bequem einschlagen zu können. Die Betonmasse kann ziemlich naß, gewissermaßen als dickbreiiger Zementkiesmörtel, angemacht werden. Nach dem Einfüllen wird mit der scharfen Kante der Zementiererkelle die Betonmasse gut eingeschlagen, damit die Verteilung derselben nach allen Richtungen hin gleichmäßig erfolgt. Das Einschlagen trocken angemachten, plastischen Betons würde insofern Schwierigkeiten machen, als eine Verschiebung der einzelnen Stäbe des Gerippes beim Einstampfen leicht möglich wäre, während dieser Uebelstand beim Einschlagen nasser Betonmassen vermieden wird. Nachdem das Stampfgerüst bis zu der ganzen Höhe mit Betonmörtel eingefüllt ist, wie dies das Bild 251 in der Ansicht B darstellt, läßt man den Beton abbinden und entfernt dann die Verschalung. Zu diesem Zweck löst man zunächst die Flügelmuttern der Bolzen und zieht letztere aus dem Beton heraus. Danach beseitigt man die Schwellen und entfernt die Steifen E. Alsdann wird das Verbindungsbrett am oberen Ende der Säulen abgeschlagen und sie nach beiden Seiten hin abgeklappt. Die durch die Bolzen entstandenen Löcher werden mit Zementmörtel ausgedrückt und die Wandflächen noch vor dem völligen Erhärten mit dünnem Zementmörtel beworfen und glatt geputzt. Die I-Träger werden eben-

falls mit Betonmasse umgeben und als vorliegende Pfeiler behandelt. Derartige Einfriedigungsmauern zeigen große Standfestigkeit und eine Rissebildung ist bei ihnen nicht zu befürchten.

## Säulen und Stützen.

In welcher Weise Säulen aus Stampfbeton in Formen hergestellt werden, ist bereits auf Seite 162 ausführlich beschrieben worden. In neuerer Zeit begnügt man sich aber nicht mehr mit der Herstellung von Säulen und Stützen aus Stampfbeton, sondern man neigt sich mit Recht mehr der Anwendung des Eisenbetons zu. Das Bild 252 zeigt einen im Querschnitt quadratischen freistehenden Betonpfeiler nebst Fuß, welcher mit Eiseneinlagen nach der Bauweise des französischen Beton-

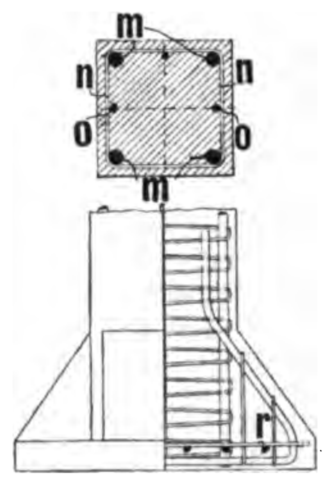
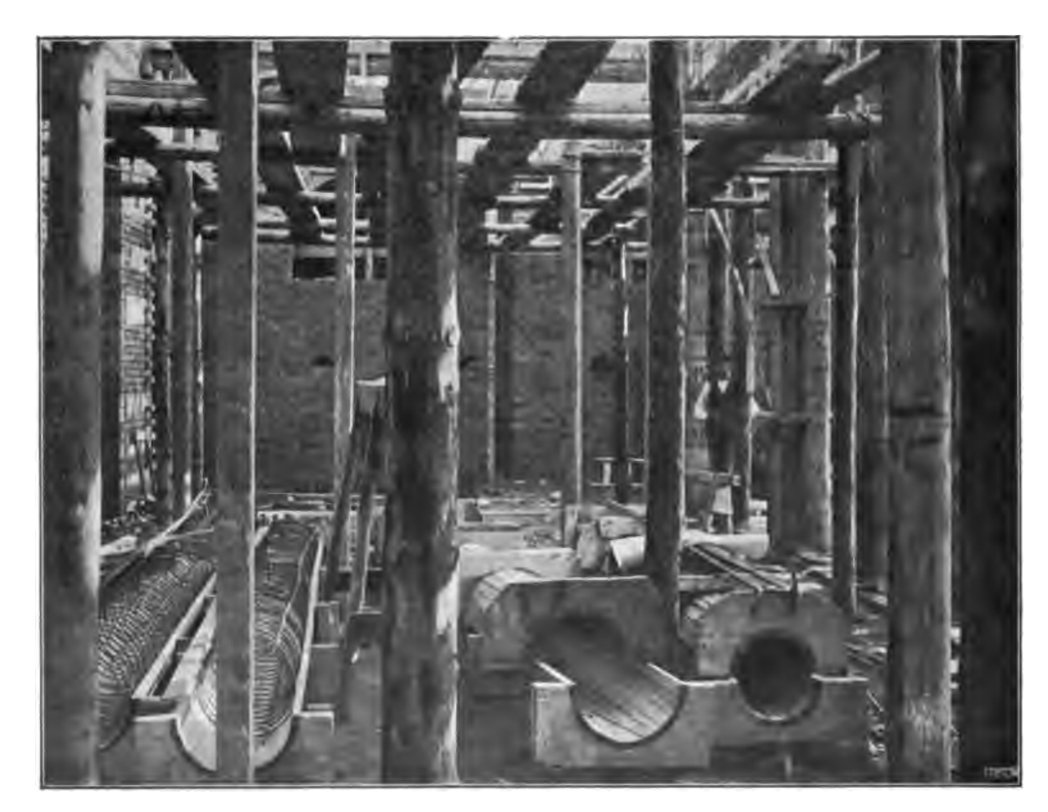


Bild 252. Eisenbetonpfeiler.


Bild 253. Hölzerne Säulenformen mit Einlagespiralen.

fachmannes Coignet versehen ist. Dabei sind m in den Ecken vorgesehene Hauptstäbe, die durch Flacheisenbänder n gegen Ausknicken

gesichert sind. Bei sehr starken Säulen sieht man schwächere Zwischenstäbe o vor. Der Säulenfuß besteht aus einer Grundplatte, in der ein Rost aus kreuzweise verlegten Stäben r eingebettet ist, wie aus dem Bild 252 hervorgeht.

In welcher Weise Säulen aus Eisenbeton nach der Bauart Considère hergestellt werden, zeigen die Bilder 253 und 254. Der Säulendurchmesser sollte bei einer Belastung von 120 Tonnen 42 cm nicht überschreiten, und um der auftretenden Knickgefahr zu begegnen, wurde eine Umschnürung der Einlagestangen vorgenommen. Dieses geschah in der



**Bild 254. Aufgerichtete Säulenform mit Eiseneinlage, zum Stampfen fertig.**

Weise, daß man die vier senkrechten Einlageeisen von je 40 mm Stärke durch Einlagen von 8 mm starken Eisenringen auf je 10 cm Entfernung umfaßte und sie durch 10 mm Stäbe an ihrem Platze festhielt. Das Stampfen des Betons wird bei solchen Säulen zwar erschwert, doch läßt sich dieses durch stetes Rühren der breiartigen Betonmasse beim Hineinschütten ersetzen.

## Tragbalken.

Statt der früher üblichen hölzernen Unterzüge und Balken benutzt man mit Vorteil Eisenbetonträger, von deren vielen Bauarten hier nur einige angeführt seien. Das Bild 255 zeigt die Anordnung der Eiseneinlagen bei einem Hauptdeckenbalken. Nächst der unteren Schaufläche

verlaufen sechs gerade, 38 mm starke Stäbe a, darüber liegen ebensoviel 32 mm starke Stäbe b, von welchen die vier inneren entsprechend dem Verlauf der Zugbeanspruchungslinie nach aufwärts gebogen sind. Im oberen Teile der Balken verlaufen vier gerade 32 mm starke Druckstäbe c. Außerdem sind eine Anzahl 6 mm starker Bügel d vorhanden, die in jedem Balken zur Aufnahme der Scherkräfte dienen. In der Zugzone der Zwischenträger liegen je 19 mm starke Stäbe e. Die Betonmasse wird auch hier mit Vorteil naß angemacht, weil das Einschlagen der Masse leichter von statten geht.

Das Bild 256 stellt eine Trägerbauweise nach Coignet dar. Hierbei

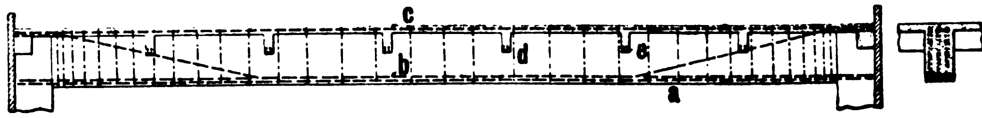



Bild 255. Eisenbetonträger.

sind die Zugeinlagen a mit den Druckeinlagen b durch Bügel c verbunden, die über die Zugeisen d der benachbarten Deckenfelder eingehakt sind. Gegen die Auflagerenden des Balkens zu sind die gegenseitigen Abstände dieser Bügel im Vergleich zur Mitte der Balken stetig verringert. Bei hohen Balken sind noch Zwischeneinlagen e vorhanden, die durch Drähte an die Bügel c befestigt sind. Mehrere nebeneinander liegende Stäbe a können durch Querstäbe f miteinander verbunden sein, wobei die Zugbeanspruchung gleichmäßig auf die Eisen verteilt wird. In den Deckenfeldern können bei großen Spannweiten auch Verteilungsstäbe g vorgesehen sein. Ist die Nutzlast der Decke sehr groß, so kann auch in der Druckzone der Platte eine Eiseneinlage ähnlich der in der Zugzone in Anwendung kommen. Die obere und untere Einlage wird dann durch entsprechende Bügel miteinander verbunden. Die Deckenbalken können auch vor dem Einbringen werkstättenmäßig hergestellt werden, in welchem Falle man sie mit durchgehenden Bolzen i (Bild 257) versieht, welche mit Hilfe von Schraubenmuttern und Keilen starke Bohlen k zu beiden Seiten der Balken festhalten, auf welche die Schalung für die Deckenfelder aufgelegt werden kann. Nach Fertigstellen der Decke werden die Bolzen i herausgezogen.

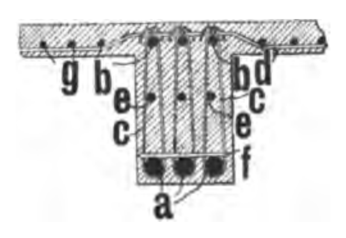



Bild 256. Balken nach Bauweise Coignet.

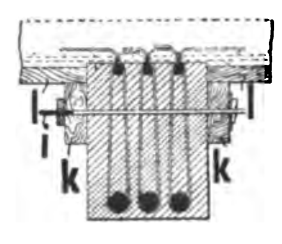



Bild 257. Unterzug nebst Einschalung für die Deckenplatte.

## Gewölbe.

Die Ueberlegenheit des Beton- und Eisenbetonbaues den anderen Bauweisen gegenüber kommt recht deutlich beim Gewölbebau zum Aus-

druck, besonders beim Bau von Bogenbrücken. Hierbei ist von vornherein der Beton in Rücksicht auf seine große Widerstandsfähigkeit den Einflüssen von Wind und Wetter gegenüber im Vorteil. Brücken sind diesen Angriffen in der Regel viel mehr ausgesetzt, als andere Bauwerke, und die Wahl des Baustoffes bedarf deswegen sorgfältiger Prüfung. Eiserne Brücken sind selbst bei gewissenhafter Pflege und Beaufsichtigung fortwährend den Angriffen des Rostes und seiner zerstörenden Wirkung unterworfen und sie erfordern ständige Unterhaltungskosten, während Brücken aus natürlichen oder künstlichen Steinen sich selten in eine den Schönheitssinn befriedigende Form bringen lassen, weil die in Betracht kommenden Massen im Verhältnis zur geforderten Tragfähigkeit zu groß sind.

Demgegenüber ermöglicht der Eisenbeton neben einer guten architektonischen Formgebung bedeutende Ersparnisse. Nicht nur entfallen hier fast alle Unterhaltungs- und Beaufsichtigungskosten, vielmehr liegt

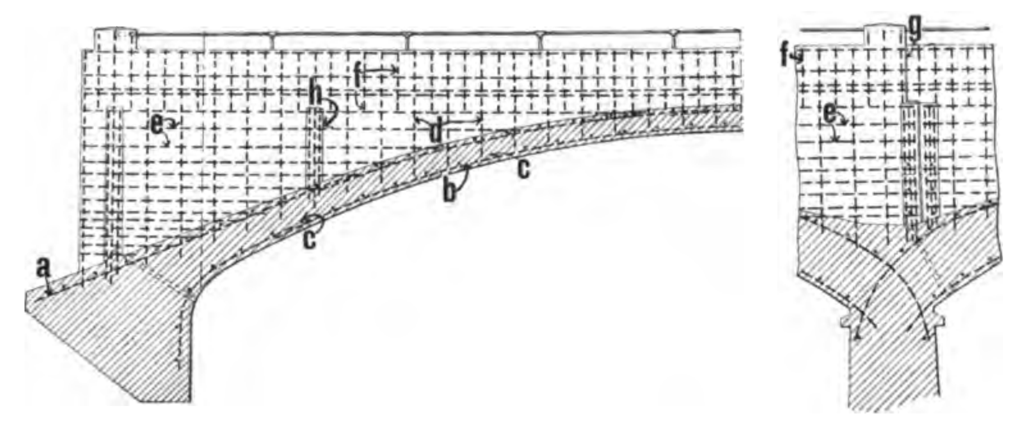



**Bild 258. Eisenbetonbrücke von Pollasky in Californien.**

die größte Ersparnis darin, daß man hier den Baustoff sich selbst an Ort und Stelle in fast allen Fällen aus verhältnismäßig geringwertigem Geröll, Steinschlag und Kies unter Zusatz des überall leicht zu beschaffenden Portlandzements herstellen kann. Selbst in Gegenden, wo natürlicher, für den Brückenbau geeigneter Baustein zu haben ist, wird der Eisenbeton oft Sieger bleiben, denn die Kosten für die notwendige sorgfältige Bearbeitung der Werkstücke fallen fort.

Besondere Schwierigkeiten beim Aufbau sind heute auch in den Fällen nicht mehr vorhanden, wo es sich um große Spannweiten und um ungewöhnliche Verhältnisse handelt. Mit Hilfe des Eisenbetons ist man imstande, außerordentlich günstige Stichverhältnisse bei Bögen aller Art zu erzielen, die man noch vor wenigen Jahrzehnten nur in Eisen auszuführen wagte, und bei denen der Werksteinbau völlig versagt. Viele großartige Ausführungen, die an Kühnheit nichts zu wünschen übrig lassen, geben einen sprechenden Beweis dafür.

Ueber den Aufbau der Stampfgerüste für solche Bauwerke ist bereits auf S. 169—171 das Nötige gesagt worden. Es soll hier als Beispiel kurz die Bogenbrücke aus Eisenbeton von Pollasky in Californien beschrieben werden, wobei hauptsächlich auf die Art der Eiseneinlagen eingegangen werden wird. Das Bauwerk zeigt zehn Bogenöffnungen von je 22,85 m Spannweite. Die innere Laibung der Brückenbogen entspricht einem aus dem Mittelpunkt beschriebenen Kreisbogen von 19 m Halbmesser. Die Bogenstärke im Scheitel beträgt 45 cm und nimmt langsam zu, bis sie in einer Entfernung von 3,65 m von den Kämpfern 65 cm

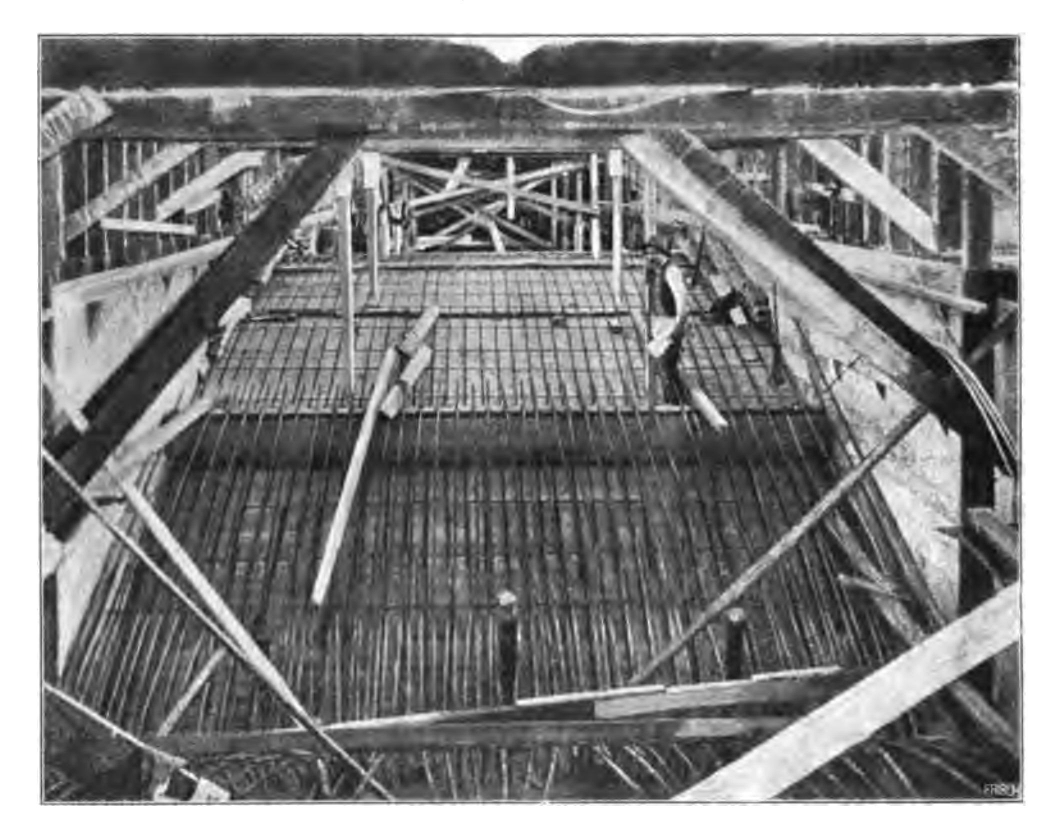


Bild 259. Brücke von Pollasky. Einbringen der Eiseneinlagen.

erreicht. Von da ab nimmt die Stärke des Betonkörpers schneller zu, bis er ganz in das Widerlager übergeht. Die als Einlagen verwendeten Eisenstäbe haben eine Zugfestigkeit von 3500 kg/qcm. Der Länge nach verlaufen von den Pfeilern ausgehende, in gegenseitigen Abständen von 75 mm liegende 22 mm starke Stäbe a (siehe Bild 258), welche 75 mm tief in den Beton innerhalb der äußeren Laibung eingebettet sind. Die Stäbe b innerhalb der inneren Laibung sind 150 mm voneinander entfernt und nur 19 mm stark. In Abständen von 60 cm werden sie von 12 mm starken, wagerechten Stäben c gekreuzt, die mit ihnen durch

Draht an den Kreuzungsstellen fest verbunden sind. Die Verstärkung ist auf die ganze Bogenlänge in dieser Weise ausgeführt. In der äußeren Laibung dagegen besitzt die Hälfte der 76 Stäbe a nur eine Länge von 3,65 m, die andere Hälfte verläuft noch weitere 2,75 m in derselben Stärke, um dann durch schwächere nur 19 mm starke Stäbe d abgelöst zu werden. Auch tritt hier eine weitere Verminderung auf die halbe Anzahl ein, sodaß in diesem Teil des Bogens die Stäbe d 30 cm weit voneinander abstehen. Das Bild 259 zeigt die Anordnung der Eiseneinlagen auf dem Stampfgerüst, sowie die Unterstützungen derselben, welche notwendig sind, um mit dem Beton die Eiseneinlagen ganz umgeben zu können.

Das Kuppelgewölbe hat von jeher den Baumeistern bei seiner Ausführung gewisse Schwierigkeiten bereitet, sodaß man meistens gezwungen war, besonders leichte Wölbziegel, Töpfe oder dergl. anzufertigen und damit den Kuppelbau herzustellen. Die Sonderherstellung dieser Bauteile nahm aber naturgemäß viel Zeit in Anspruch, und man ging deshalb gern den Kuppelgewölben aus dem Wege. Mit dem Fortschreiten der Technik wurden diese Schwierigkeiten wohl behoben, aber erst durch die Verwendung von Eisenbeton war man in der Lage, eine zweckentsprechende leichte und dennoch tragfähige Kuppel in kurzer Zeit schaffen zu können. Ein Beispiel solcher aus Eisenbeton hergestellten Kuppel zeigen die Bilder 260—263, welche die Kirche der Marine-Akademie in Annapolis darstellen. Die Kuppel und die Gewölbe über den vier Nischen, welche die Arme des griechischen Kreuzes bilden, dem der Grundriß der Kirche angepaßt ist, sind aus Eisenbeton hergestellt, dessen Last sich mit Hilfe von Säulen aus demselben Baustoff unmittelbar auf die Grundmauern überträgt. Hier-

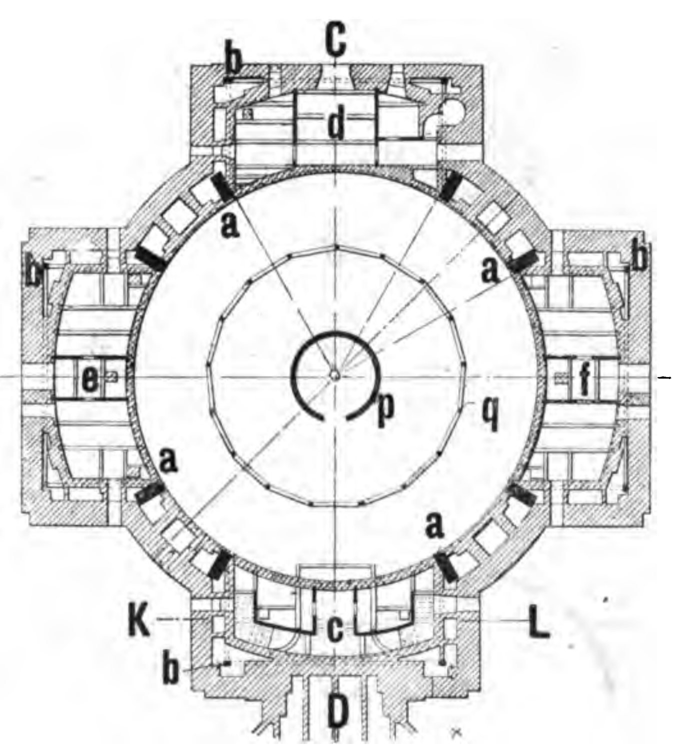


Bild 260. Grundriß des Unterbaues.

durch konnten auch die übrigen Bauteile um so leichter gestaltet werden. So stützt sich die ganze Kuppel allein auf acht Säulen, deren recht-

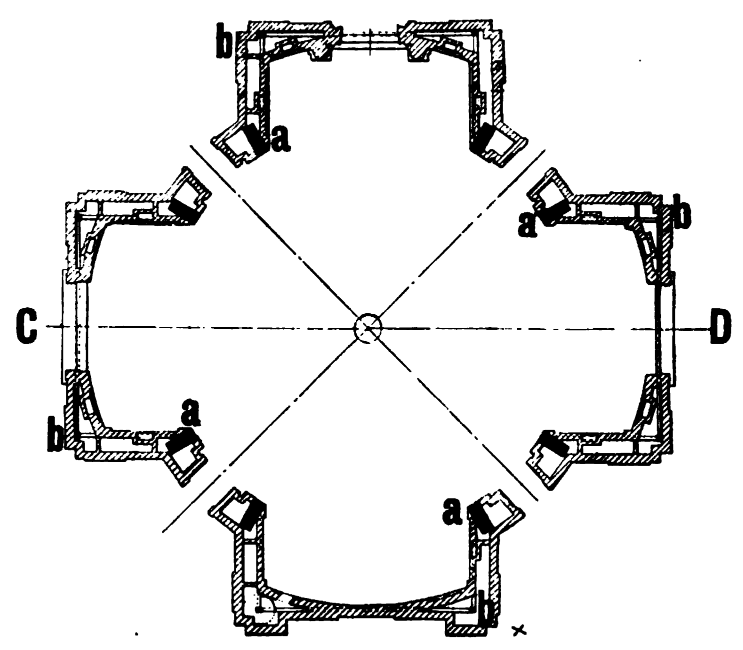



Bild 261. Anordnung der acht Tragsäulen.

eckiger Querschnitt 1,80 m lang und 0,75 m breit ist, ohne das übrige Mauerwerk zu belasten. Die Gewölbe der Seitenschiffe stützen sich außerdem auf je zwei Säulen von 60 cm Breite und 30 cm Dicke. In unseren Bildern sind alle aus Eisenbeton bestehenden Bauteile in den Grundrissen und Schnitten schwarz gezeichnet. Der Durchmesser des kreisrunden Mittelbaues beträgt 25.40 m. Mit Einschluß der beiden einander gegenüberliegenden Kreuzesbalken ist die größte lichte Weite des Baues 35,60 m. Der äußere Durchmesser mißt 39,70 m, die Höhe des Hauptbaues 19,50 m. Der Bau wird von einer doppelten Kuppel von 24,3 m Höhe gekrönt, welche eine Laterne von 5,85 m trägt. Die Höhe des ganzen Bauwerkes beläuft sich also auf nahezu 50 m. Die äußeren Zwischenwände sind etwa 45 cm stark und werden von den inneren, etwas schwächeren Wänden durch einen 30 cm breiten Luftraum getrennt. Die größte Schwierigkeit, welche der Entwurf der Ausführung bot, lag darin, daß der Durchmesser

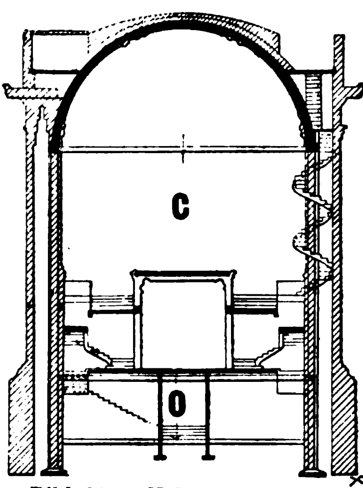



Bild 262. Ueberwölbung der Seitenschiffe.

der Kuppel ungefähr 21 m beträgt, also um beinahe 4 m geringer ist, als der Durchmesser des Kreises, über welchem die Tragsäulen errichtet wurden. Es mußte also die Last der Kuppel mit Hilfe weit auskragender Konsolen auf die Säulen übertragen werden. Außerdem wurde das obere Ende dieser Säulen in einer Kurve nach einwärts gebogen, welche in einer Höhe von 16,50 m ansetzt. Bei 22,80 m Höhe hält ein vorgekragter Ring aus Eisenbeton die Säulen zusammen und steift dieselben gegenseitig ab. Dieser Ring ist vollkommen unabhängig von den benachbarten Bauteilen, besonders von den Gewölben über den Kreuzarmen,

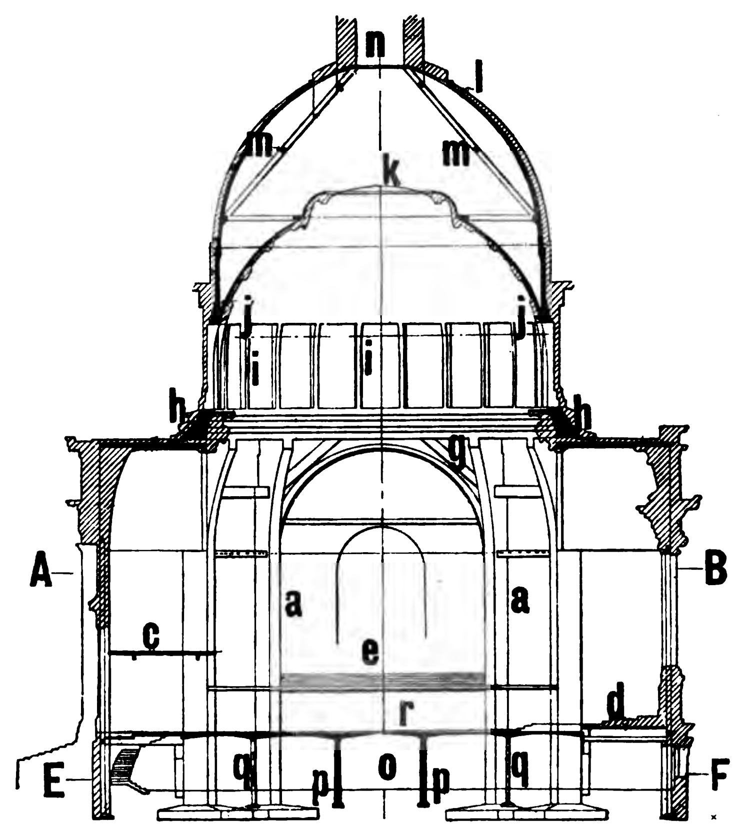



Bild 263. Schnitt durch die Mitte der Kirche zu Annapolis.

deren Scheitelpunkt unterhalb seiner Unterkante liegt. Auf dem Ringe erheben sich 24 Säulen, die ihrerseits einen kleineren Ring tragen und den Aufbau bilden, über welchem sich die äußere Kuppel erhebt. Das nur aus Eisenbetonbalken sich zusammensetzende Rahmenwerk nimmt die Last der Laterne auf.

Das Bild 261 gibt einen Schnitt nach der Linie A B des Bildes 263 wieder. Bild 263 einen Schnitt nach der Linie C D. Bild 262 ist ein Schnitt durch den Chorraum nach der Linie K L. a sind die Säulen zur Aufnahme der Kuppellast, b jene, welche gemeinsam mit den Säulen a die

Gewölbe der Kreuzschiffe tragen. Bei c befindet sich der Chor, bei d der Altar, die übrigen Räume e und f werden von stufenartig angeordneten Sitzplätzen eingenommen. Im Querschnittsbilde sind g die schrägen Auskragungen, mit deren Hilfe die Last des unteren Ringes h auf die Säulen a übertragen wird. Die auf dem Ring h stehenden Säulen i tragen den oberen, kleineren Ring j, auf dem sich sowohl das innere Kuppelgewölbe k, als auch die größere äußere Kuppel l stützt. m sind 30 cm starke uud breite Balken des Rahmenwerkes zur Uebertragung der 127 t betragenden Last der Laterne n. Unterhalb des Hauptgeschosses befindet sich die 3,60 m tiefe Gruft o.

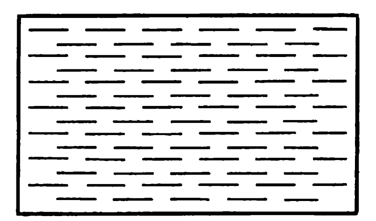


Bild 264. Eingeschnittene Blechtafel.

Das Betongemenge bestand durchweg aus einem Teil Portlandzement, drei Teilen Sand und fünf Teilen Kies. Als Eiseneinlage fand neben den gewöhnlichen Stäben Streckmetall, besonders in den beiden Kuppeln und dem Gewölbe über den Kreuzschiffen ausgedehnte Anwendung.

Das Streckmetall ist eine in Amerika vielverbreitete besonders hergestellte Eiseneinlage. Die Herstellung geschieht auf Maschinen, indem man zunächst eine Eisenblechtafel mit vielen kurzen gleichlaufenden Einschnitten, die zu einander versetzt sind, versieht. Die benachbarten Einschnitte lassen überall einen Zwischenraum frei, sodaß die Blechtafel den Anblick von Bild 264 darbietet. Die so vorbereitete Tafel wird dann durch Strecken der Zwischenstege zu einer Art Netz umgeformt, sodaß das fertige Streckmetall daraus entsteht, wie es Bild 265 darstellt. Das Streckmetall findet in den letzten Jahren auch in Deutschland vielfache Anwendung als Eiseneinlage bei Eisenbetonbauten aller Art.

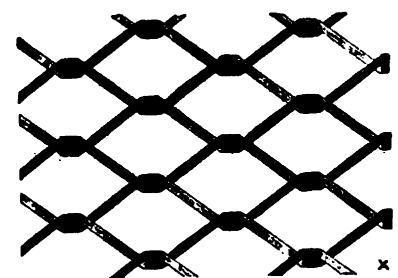


Bild 265. Streckmetall.

### Decken- und Fußböden.

Die Feuersicherheit, welche der Beton und Eisenbeton besitzt, hat dazu geführt, daß die Herstellung von Decken in Gebäuden aus Beton oder Eisenbeton schnell einen großen Umfang angenommen hat, weil hier der Vorzug der Feuersicherheit am meisten in die Erscheinung tritt.

Die früher allgemein üblichen Holzbalkendecken weisen bekanntlich große Nachteile auf, welche zum Teil in der Natur der Sache begründet sind. Holz ist ein Baustoff, der viele Jahrhunderte hindurch beim Bau von Häusern unentbehrlich war, der aber leider nicht auf die Dauer allen an ein Bauwerk zu stellenden Anforderungen genügen kann. Vor

allem ist Holz dem Wurmfraß ausgesetzt, und außerdem wird es leicht von dem gefürchteten Holzschwamm ergriffen. Wenn man auch im Laufe der Zeit gelernt hat, durch geeignete Anstriche das Bauholz gegen die letzt erwähnten Angriffe mit einiger Sicherheit zu schützen, so verfällt es doch schließlich, wie alle aus dem Pflanzenreich stammenden Baustoffe, der Fäulnis; und weiter ist Holz bekanntlich leicht brennbar und fällt bei einem ausbrechenden Schadenfeuer zuerst der Glut zum Opfer.

Diese Uebelstände sind seit langer Zeit erkannt und bald trat der eiserne Träger an die Stelle des Balkens. Man glaubte in dem unver-



Bild 266. Ein Eisenbau nach einem Brande.

brennlichen Eisen einen Baustoff gefunden zu haben, der nicht nur die Vergänglichkeit des Holzes, sondern auch die Feuersgefahr ausschloß und erst schwere Brandfälle, welche in Gebäuden stattfanden, die ausschließlich aus Stein und Eisen hergestellt waren, mußten Belehrung darüber schaffen, daß das Eisen als Baustoff nicht das hielt, was es zu versprechen schien. Abgesehen davon, daß Eisen leicht durch Rost zerstört wird, wenn es sich selbst überlassen wird, mußte man die Wahrnehmung machen, daß bei ausbrechendem Schadenfeuer die Eisenbalken durch die Erwärmung sich bedeutend dehnten und bei fortschreitender Erhitzung unter ihrer eigenen oder der darauf ruhenden Last sich ver-

bogen und vollständig die Tragfähigkeit verloren. Heute hat sich in den Baukreisen die Ueberzeugung mehr und mehr Bahn gebrochen, daß dem Feuer ausgesetzte Eisenteile völlig ihren Dienst versagen, wenn sie nicht mit einem geeigneten Schutzmittel umgeben sind und man kommt immer mehr und mehr von der Verwendung der eisernen Träger zurück oder verwendet sie nur da, wo sie vollständig mit feuersicheren Stoffen ummantelt werden können.

Aus diesen Erwägungen heraus versuchte man bald, den Eisenbeton an Stelle der ungeschützten Tragteile von Eisen zu setzen. Die ersten



Bild 267. Eisenbetondecke nach einem Brande.

Versuche bewiesen so glänzend die Vorzüge des Eisenbetonbaues, daß eine vollständige Umwälzung im Deckenbau sich in aller Stille im verflossenen Jahrzehnt vollzogen hat. Bei der großen Anzahl von Bauweisen, welche zu diesem Zweck Anwendung finden, sollen später nur die wichtigeren kurz beschrieben werden. Die Baupolizeibehörden standen allerdings den Eisenbetondecken eine ganze Zeit hindurch äußerst mißtrauisch gegenüber, aber heute schwindet dieses Mißtrauen mehr und mehr, und die Zeit wird nicht mehr fern sein, in welcher das Holz als Baustoff nur eine ganz untergeordnete Stellung einnimmt.

Unser Bild 266 auf Seite 319 zeigt eine Säule aus Eisen mit den

darauf ruhenden eisernen Bauteilen, wie sich dieselben nach einem Schadenfeuer in einer Fabrik darstellten. Man sieht aus dem Bilde, daß die Säule vollständig umgebogen ist, und daß die Tragfähigkeit völlig aufgehoben wurde. Im Gegensatz hierzu zeigt unser nächstes Bild 267 eine Decke aus Eisenbeton, welche ebenfalls ein stundenlang andauerndes, heftiges Schadenfeuer auszuhalten hatte. Die Decke ist fast ganz unversehrt geblieben und konnte nach geringfügigen Ausbesserungen ohne weiteres wieder ihrem Zweck übergeben werden. Unser nächstes Bild 268 zeigt die Wirkung eines Schadenfeuers in einer Fabrik, welche in ihren



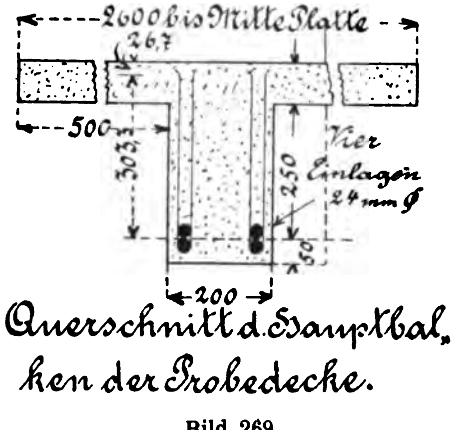
Bild 268. Ein ausgebranntes Fabrikgebäude.

beiden oberen Stockwerken und dem Dachstuhl mit Holzbalken versehen war, während die unteren Stockwerke mit Eisenbetondecken ausgeführt waren. Von dem hölzernen Dachstuhl und den Holzdecken war nach Löschung des Brandes nur ein kleiner verkohlter Rest zu sehen, während die mit Eisenbetondecken versehenen Räume völlig unbeschädigt geblieben waren. In dem vorletzten Stockwerk war ein Raum mit Eisenbetondecke versehen, der sich auf unserem Bild deutlich nach außen insofern bemerkbar macht, als hier die Fensteröffnungen dunkel erscheinen.

Für die Auswahl der Eisenbetondecken ist naturgemäß die Belastung und die Stützweite in erster Linie maßgebend, und zahlreiche

Probelastungen haben ergeben, daß man mit Sicherheit die Tragfähigkeit der Decke vorher berechnen kann, was anfänglich von den Baubehörden bezweifelt wurde.

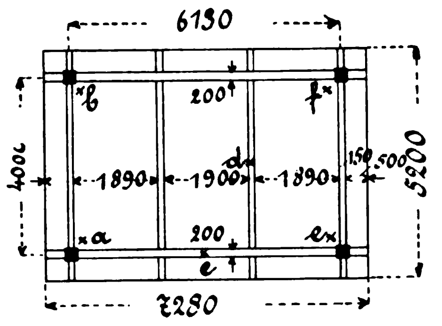
Wie eine solche Probe angestellt wird, ist aus den Bildern 269 bis 272 zu ersehen. Auch heute noch werden grundsätzlich solche Probebelastungen bei jeder neu auftauchenden Deckenart vorgenommen, bevor die Erlaubnis zu deren Verwendung behördlicherseits gegeben wird. Bei bekannten Bauarten sieht man im allgemeinen davon ab, wenn nicht begründete Zweifel über sachgemäße Ausführung der Betonarbeiten bei den Behörden entstanden sind.



Querschnitt d. Hauptbalken der Probedecke.

Bild 269.

In Düsseldorf wurde bei einem Betonbau zur Feststellung der Tragfähigkeit eine Hennebique-Decke nach Bild 269 so lange belastet, bis der Bruch erfolgte. Es geschah dieses zu der Zeit, als die für die Bauweise Hennebique angewendete Berechnungsart noch der wissenschaftlichen Begründung entbehrte, und Erfahrungen mit solchen Decken noch nicht allgemein vorhanden waren, weswegen die Behörde einen solchen Versuch anordnete. Die Probedecke war nach Bild 270 ausgeführt. Auf vier Hennebiquesäulen lagen zwei Hauptbalken von 6,13 m Spannweite. Im rechten Winkel zu diesen lagen vier Nebenbalken auf, auf welchen Platten ruhten, wie der Grundriß im Bild 270 zeigt. Die Hennebiquestützen standen auf Betonfundamenten. Die Spannweite betrug von Mitte Unterzug bis Mitte Unterzug 4,00 m, die Entfernung der Nebenbalken von Mitte zu Mitte etwa 1,90 m. Die Stützen hatten einen Querschnitt von 25 × 25 cm und enthielten je vier Rundeiseneinlagen von 24 mm Durchmesser.



Grundriß d. Probedecke.

Bild 270.

Der Beton der Stützen, Unterzüge und Decken bestand aus 1 Teil Zement, $1^1/_2$ Teilen Sand und $3^1/_2$ Teilen Kies. An den im Grundriß mit a, b, e und f bezeichneten Punkten wurden Apparate aufgestellt, um die Einsenkung der Stützen in den Baugrund messen zu können. Bei d war ein gleicher Apparat dazu bestimmt, die Durchbiegung eines Nebenbalkens und bei c ein ebensolcher, um die Durchbiegung eines Hauptbalkens fest-

zustellen. Die Belastung erfolgte 38 Tage nach der Fertigstellung. Bei einer Belastung von 1480 kg/qm zeigten sich Haarrisse an den Haupt- und Nebenbalken, welche sich bis zum Schluß der Belastung von 2250 kg/qcm nach und nach erweiterten. Das Bild 271 zeigt die Decke vor der Belastung, das Bild 272 unter voller Belastung.

Bedenkt man, daß eine Belastung von 2250 kg/qm, welche dem Neunfachen der gewöhnlichen Verkehrslast für Wohnräume entspricht, vorhanden war, und daß ein frei dastehender Bauteil weniger tragfähig ist als ein eingebauter, bei dem die Aus- und Durchbiegung infolge des Zusammenhanges mit den benachbarten Bauteilen länger verhindert wird,

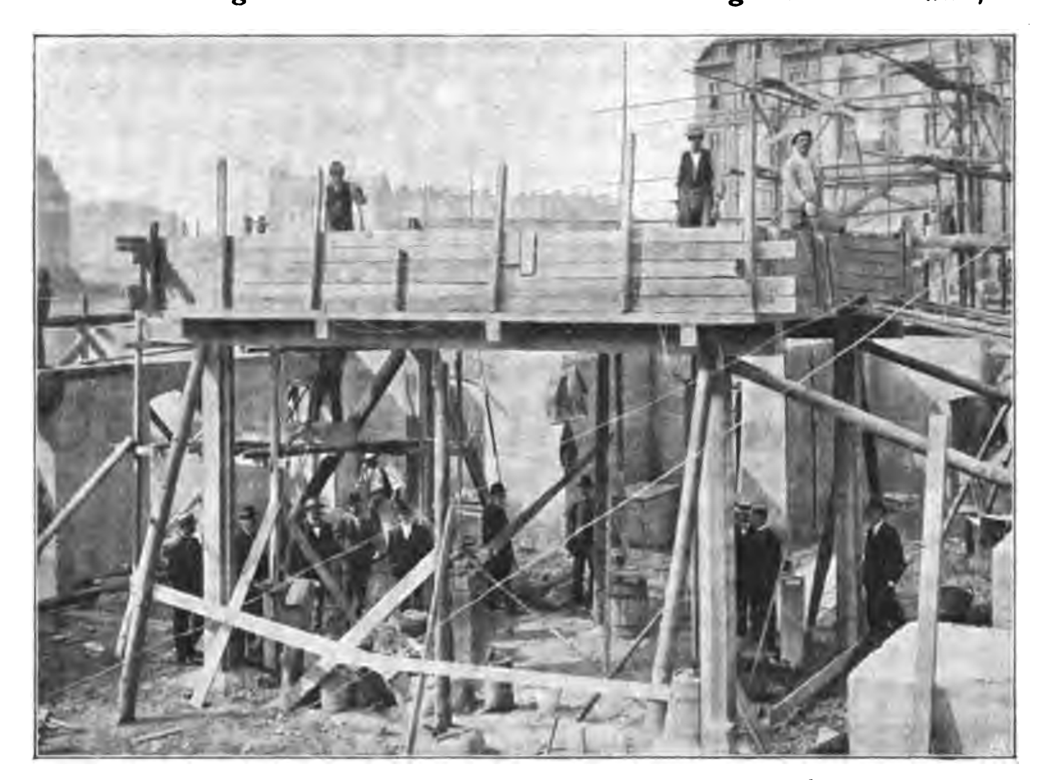


Bild 271. Probedecke nach Hennebiquebauweise.

so muß man das Ergebnis als ein außerordentlich günstiges bezeichnen.

An diese Belastungsprobe schloß sich eine Brandprobe, die gleichfalls vorzüglich bestanden wurde, sodaß die Baupolizeibehörde keine Bedenken gegen derartige Bauausführungen trug.

Die zuerst in Aufnahme gekommenen Stampfbetondecken, bei denen eiserne I-Träger als eigentlicher tragender Teil dienten, zwischen welchen eine Betonplatte eingespannt war, oder auf denen eine solche auflag, werden heute nicht mehr sehr häufig ausgeführt. An ihre Stelle sind Eisenbetondecken getreten, die bei größerer Leichtigkeit in viel größeren Spannweiten, besonders bei schweren Belastungen wirtschaftlicher sind, als

reine Stampfbetondecken. Auch hier zeigt der Eisenbeton seine Vorzüge vor dem reinen Stampfbeton recht deutlich, wobei man sich allerdings hüten muß, in allen Fällen den Eisenbeton dem Stampfbeton vorzuziehen.



Bild 272. Belastung der Probedecke nach Bauweise Hennebique.

Nur eine fachkundige Prüfung kann im Einzelfalle das Richtige treffen. Bei kleinen Spannweiten und geringer Belastung wird sich in vielen Fällen auch heute noch der Stampfbeton bewähren.

Decken ohne Eiseneinlage (Bild 273) mit gewölbter Unteransicht sind ausführbar, wenn die Entfernung der eisernen Träger nicht mehr als 0,8 – 1,0 m beträgt. Die Oberfläche des Betons wird entweder bündig mit der Oberkante des Trägers gemacht, oder dieser wird ganz in den Beton eingebettet.



Bild 273.

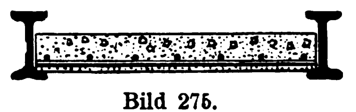
Die Bauweise mit ebener Unteransicht nach Bild 274 stellt die einfachste aller Betondecken dar. Die Tragfähigkeit ist etwas geringer als die der gewölbten Decken. Im übrigen gilt von ihnen das von den Decken mit gewölbter Unteransicht Gesagte.



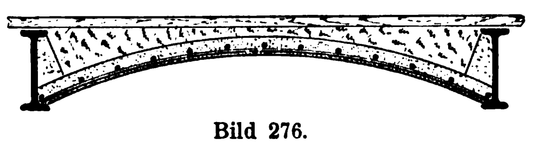
Bild 274.

Die Decken nach Bauweise Monier erfreuen sich großer Verbreitung. Bei der geraden Decke (Bild 275)

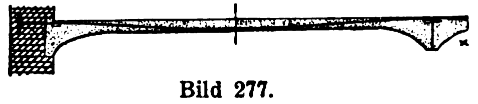
sind die Zugeisen straff zwischen den Deckenträgern eingespannt. Auf ihnen liegen, sie im rechten Winkel kreuzend, die Verteilungsstäbe. Die Zugstäbe sind 5—10 mm stark und 50—100 mm von einander entfernt. In gewissen Abständen pflegt man stärkere Stäbe einzuschalten. Die Verteilungsstäbe sind 3—6 mm stark und an den Kreuzungsstellen mit den Zugstäben durch 1 mm starke Bindedrähte vereinigt. Die ganze Einlage liegt in der auf Zug beanspruchten Zone.


Bild 275.

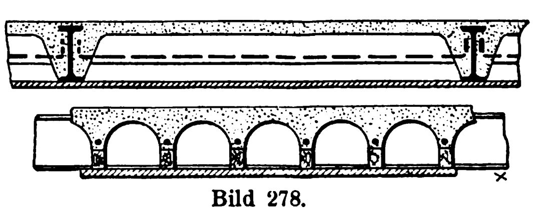
Bei der gewölbten Decke nach Bauweise Monier (Bild 276) ruhen die Enden der nach aufwärts gebogenen Zugstäbe auf den unteren Flanschen der Eisenträger auf. Die Pfeilhöhe beträgt mindestens $^1/_{10}$ der Spannweite. In einzelnen Fällen ist eine zweite Wölbung, dicht unter der oberen Flansche ansetzend, angeordnet. Ueber Stärke und Verteilung sowie Lage der Stäbe gilt dasselbe wie bei der geraden Decke.


Bild 276.

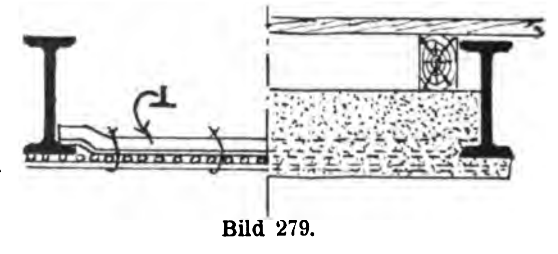
Die Decke nach Bauweise Koenen (Bild 277) gestattet als Voutendecke große Spannweiten und starke Nutzlasten ohne übermäßige Vermehrung der Eigenlast. Die Einlagen sind an den oberen Flanschen der Träger oder an Mauerankern befestigt, sodaß sie selbst Tragfähigkeit besitzen. Die Zugstäbe folgen innerhalb des Betons der auf Zug beanspruchten Zone. Zulässige Spannweite bis zu 6,5 m.


Bild 277.

Bei der Plandecke nach Koenen (Bild 278) verlaufen von Träger zu Träger in Abständen von 0,25 m balkenförmige Rippen, welche in der Zugzone je einen geraden an den Enden aufgebogenen Eisenstab besitzen. Zwischen diesen Rippen sind kleine Betongewölbe eingespannt. Die Rippen werden über eiserne Formen gestampft.


Bild 278.

Die Tragstäbe bei der Bauweise Holzer (Bild 279) bestehen aus schwachen T-Eisen von 22 mm Höhe, welche auf die unteren Flanschen der T-Träger gelegt sind. An die T-Eisen sind Rundeisen mit Bindedraht aufgehängt. Zwischen T- und Rundeisen wird vor dem Einstampfen eine Rohrmatte gelegt, wodurch die Bretterverschalung beim Einstampfen des Betons erspart wird.


Bild 279.

Bei der Bauweise Donath (Bild 280) liegen auf den unteren Trägerflanschen je nach der Spannweite stärkere oder schwächere, hochkant gestellte Flacheisen, einfache oder doppelte T-Eisen. Diese sind gitterartig durch Flacheisen verbunden. An diese Einlage wird von unten her Rohrgeflecht oder Drahtgewebe befestigt. Hierauf wird zunächst eine Mörtelschicht aufgebracht und nach deren Abbinden der Beton aufgestampft. Zulässige Spannweiten bei Flacheisen 2 m, bei T-Eisen 3 m, bei Doppel-T-Eisen 4 m.

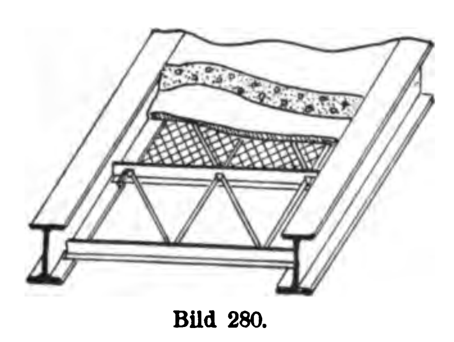


Bild 280.

Die Einlage der Müller'schen Eisenfederdecke (Bild 281) besteht aus in Zwischenräumen von 10—12 cm hochkant aufgestellten 4 bis 5 mm starken und 26—30 mm hohen Bandeisen, welche mit Hilfe eiserner Klammern durch Zickzackfedern aus ebenso hohen, aber nur 1—2 mm starken Bandeisen untereinander verbunden sind. Das Einstampfen des Betons erfolgt im Gegensatze zur Bauweise Donath auf einem gewöhnlichen Stampfgerüst.

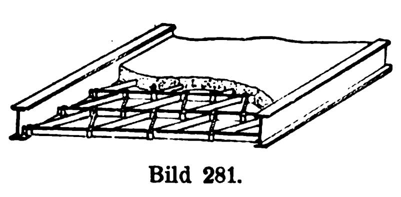


Bild 281.

Die Bauweise Golding (Bild 282) verwendet als Einlage Streckmetall; dasselbe wird entweder auf die Träger gelegt, zwischen diese eingespannt oder an den unteren Flanschen befestigt und mit den Trägern in den Beton eingebettet.

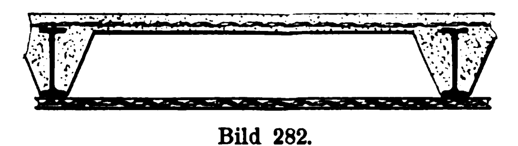


Bild 282.

Die Terrastdecke, Bauweise Lilienthal (Bild 283) empfiehlt sich nur bei schwächerer Nutzlast und geringer Spannweite. Ueber die Oberflanschen der Träger wird ein Gewebe aus stark verzinntem Eisendraht so gelegt, daß es nach unten um ungefähr den zehnten Teil der Spannweite durchhängt. Hierauf wird Papier gelegt und die so entstehende Mulde bis zur Trägeroberkante mit Beton ausgefüllt. Das Ganze wird unmittelbar verputzt oder nach anderen Angaben erst nach Einlage eines straff angespannten Drahtgeflechtes.

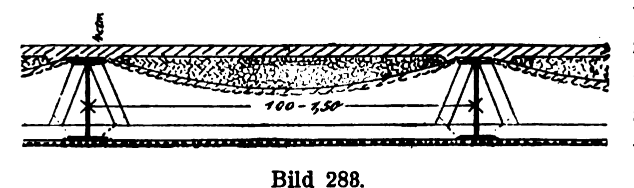



Bild 288.

Bei freiliegenden Decken nach Bauweise Kemnitz (Bild 284) werden Klammern über den oberen Trägerflansch gelegt, bei eingespannten

Decken Anker und Haken in die Mauer bezw. Pfeiler eingesetzt. Diese Klammern und Haken werden durch 3 mm starke Drähte verbunden, die sich schräg überkreuzen. Die Drähte werden durch gegenseitiges Aufwinden mit kurzen Eisenstäben angespannt und hierauf in Beton eingebettet. Die Einlage liegt in der auf Zug beanspruchten Zone des Betons. Die vom Königlichen Polizeipräsidium für Berlin genehmigte Spannweite beträgt für Zementkiesbeton bei Wohnhäusern 4,5 m, bei Fabrikgebäuden 3,8 m.

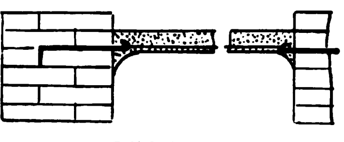


Bild 284.

Bei der Bauweise Habrich oder Thomas & Steinhoff (Bild 286 u. 287) kommen schraubenförmig gewundene Flacheisen zur Anwendung, welche in Bezug auf die Art ihrer Einbettung genau wie die gewöhnlichen Einlagestäbe behandelt werden. Es werden demnach sowohl flache als auch gewölbte Decken hergestellt. Erstere bis zu 2 m, letztere bis zu 5 m Spannweite.

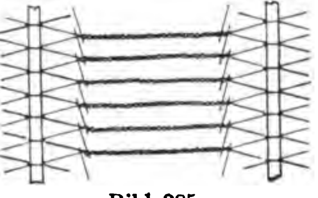


Bild 285.

Als Einlage bei der Bauweise Wünsch (Bild 288) dienen T-Eisen, welche mit dem Flansche nach oben gerade über die oberen Trägerflanschen gelegt sind, mit der Flansche nach unten, der Wölbung folgend, sich von Träger zu Träger spannen. Im Scheitel sind beide T-Eisen durch Nieten verbunden.

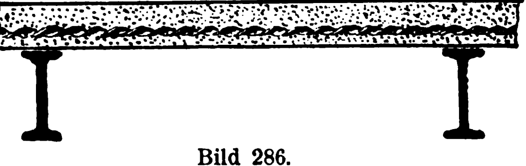


Bild 286.

Die Decke nach Bauweise Bramigk (Bild 289) erstrebt Baustoffersparnis und Leichtigkeit durch Einlage von Drainröhren in den Beton. Zwischen diesen verlaufen in der Zugzone, unter Umständen auch in der Druckzone, Rundeisenstäbe. Bei einer Plattenstärke von 200 mm sind Spannweiten von 4 m zugelassen.

Bild 287.

An Stelle der eisernen Träger treten bei Bauweise Hennebique (Bild 290) Eisenbetonbalken, zwischen welche die Deckenfelder eingespannt sind. Gewöhnlich sind stärkere Haupt- und zwischen diesen eingespannte schwächere Zwischenträger vorgesehen. Sämtliche Träger sind konstruktiv als eingespannte Balken ausgebildet. Ihre Eiseneinlagen gliedern sich in a) gerade, innerhalb der Balkenunterseite verlaufende und in die Mauern

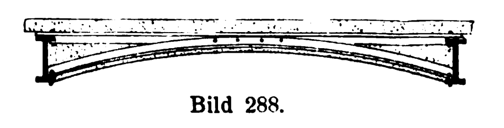


Bild 288.

oder Pfeiler hineinragende Stäbe, b) in Stäbe, welche der auf Zug beanspruchten Zone folgen, also von den Stützpunkten beginnend, zunächst gerade verlaufen, dann schräg nach unten führen, um im mittleren Teile des Balkens wieder gerade nächst der Balkenunterfläche zu verlaufen und c) senkrecht in dem Beton eingebettete, die geraden Stäbe von unten her umfassende Bügel zur Aufnahme der Scherkräfte. In den Deckenfeldern liegen in der Zugzone sich senkrecht kreuzende Stäbe.

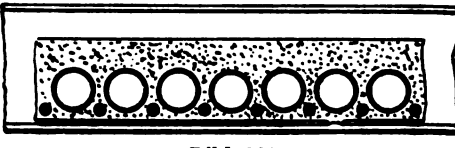


Bild 289.

Die Decke nach Bauweise Eggert (Bild 291) ist durch die Anwendung verschieden langer, dem Verlaufe der Zugspannungen entsprechend gebogener Eisen, gekennzeichnet, die an den Enden entweder hakenförmig umgebogen oder mit Ankerplatten versehen sind. Diese Eisen liegen entweder alle in einer senkrechten Schnittebene, oder sie sind in verschiedenen Ebenen gegeneinander versetzt.

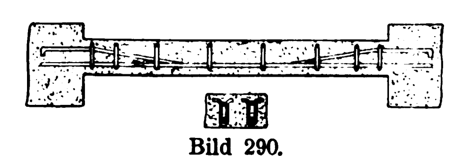


Bild 290.

Die als Einlage dienenden Rundeisen bei Bauweise Zöllner (Bild 292 und 293) sind um die Trägerflanschen bezw. in die an der Stützwand angebrachten Ankereisen eingehakt. Um ihnen bereits vor dem Einstampfen des Betons eine gewisse Anfangsspannung zu verleihen, wodurch die Zugfestigkeit des Eisens in erhöhtem Maße ausgenutzt wird, werden die Stäbe in eine schräge Lage gebracht, wodurch sie straff angespannt werden. Diese mit dem Namen Spanneisendecke bezeichnete Bauweise ist in Berlin und Hamburg baupolizeilich zugelassen.

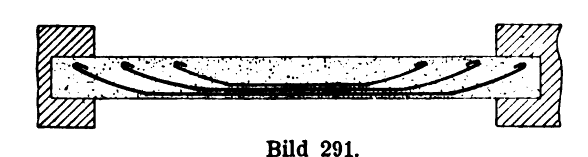


Bild 291.

Die flache Decke nach Bauweise Wayß (Bild 294 und 295) zeigt Rundeiseneinlagen, welche nach Maßgabe der betreffenden Spannungen in Beton eingebettet sind, und sie bestehen nicht aus entsprechend gebogenen Stangen, sondern aus einzelnen Gliedern, die an den Enden mit Haken und Oesen versehen sind, sodaß sie durch gegen-

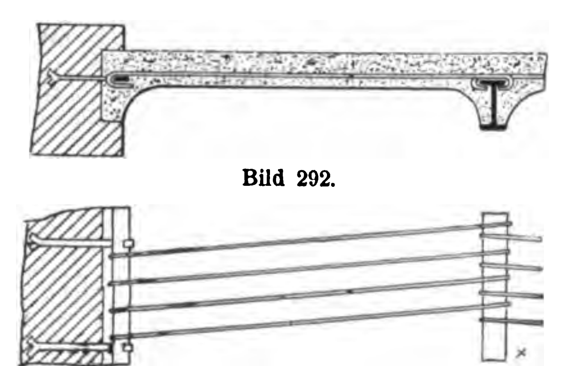


Bild 292.

Bild 293.

seitiges Uebergreifen und Abbiegen sich den betreffenden Spannungen anpassen. Durch D. R. P. Nr. 109 964 wurde die Ausführung insofern erweitert, als an Stelle der Rundeisen Flacheisen treten, welche an den Nullpunkten der Momente durch Scharniere untereinander verbunden sind. Weitere Verbesserungen betrifft das D. R. P. Nr. 132 709. Die gewölbte Decke nach gleicher Bauweise wird nach denselben Grundsätzen wie die flache ausgeführt.

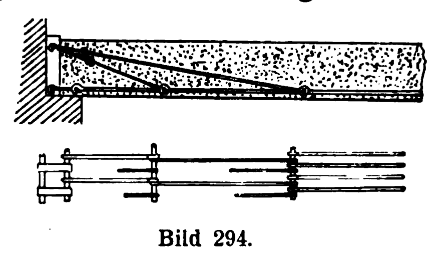


Bild 294.

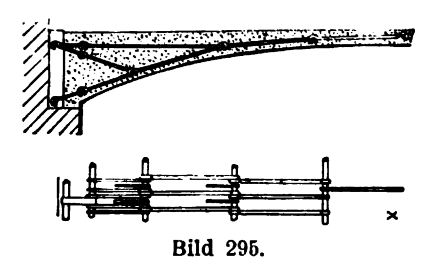


Bild 295.

Die Möller'sche Gurtträgerdecke (Bild 296) ist eine freiaufliegende Platte und besteht aus einem plattenförmigen Druckgurt und fischbauchähnlich gebogenem Zuggurt aus Profileisen. Die diese beiden verbindenden Stege werden durch die Betonfüllung gebildet. Der Zuggurt ist in den Auflagern durch aufgenietete Winkeleisen mehrfach verankert und durch ebensolche Winkeleisen in seiner Lage zu dem Betonstege festgehalten. Zum Schutze der Zuggurte gegen Rost wird deren freie Unterseite verputzt oder sie werden mit Beton umhüllt. Der Druckgurt schließt sich voutenförmig an die Auflager an. Die Decke kommt nur für große Spannweiten in Betracht.

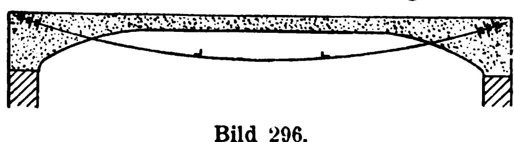


Bild 296.

In den Umfassungswänden der Decke nach Bauweise Lolat (Bild 297) liegen Verankerungen aus Flacheisen, welche untereinander einen zusammenhängenden Rahmen bilden. Ueber diesen Rahmen sind Schleifen aus Eisendraht gelegt, deren Oesen aus dem Mauerwerk herausragen. In die Oesen sind die Enden der den Zugbeanspruchungen folgenden Einlagestäbe eingehakt. Die Flacheisen der Wandrahmen sind 50 mm breit und 5 mm hoch. Die Schleifen stehen 16 cm von einander ab. Die Einlagen kreuzen sich rechtwinkelig.

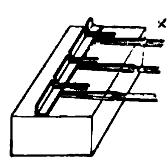


Bild 297.

Bei der Bauweise Pohlmann (Bild 298 und 299) verdoppelt sich die Deckenstärke von den Viertelspunkten ausgehend in schräg abwärts führender Linie nach dem Auflager. An Stelle der Träger mit vollem Steg treten Bulbeisen, deren Lochungen ein Ineinandergreifen der auf beiden Trägerseiten liegenden Betonmassen gestatten. Wenn das Bulbeisen in seiner ganzen Höhe in der Zugzone liegt, werden ringförmige

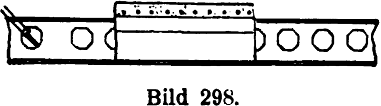


Bild 298.

Schlingen von den Bohrungen nach aufwärts in die Druckzone reichend in den Beton eingebettet. Schräggestellte Keile versteifen die Ringe gegen die untere Wand der Lochung. Die Bulbeisen sind halb so leicht als entsprechend tragfähige I-Träger mit vollem Steg.



Bild 299.

Die Einführung des Kohlmetzbinders (Bild 300) in den Deckenbau hat eine große Eisen- und damit Gewichtsersparnis im Gefolge. Der Binder besteht aus Ober- und Untergurt, die durch schräge Stege miteinander verbunden sind und er wird durch gegenseitiges Vernieten von Band- und Winkeleisen hergestellt. Hohlsteine aus Ton umkleiden den Binder trapezförmig. Zwischen die so hergestellten Auflager wird flach oder gewölbt, mit oder ohne Eiseneinlage, die Decke eingestampft. Der Gitterträger kann auch unmittelbar in den Beton eingebettet werden, wobei der Vorteil der Bulbeisendecke erreicht wird, indem sich der Beton der beiden Trägerseiten miteinander verbindet.

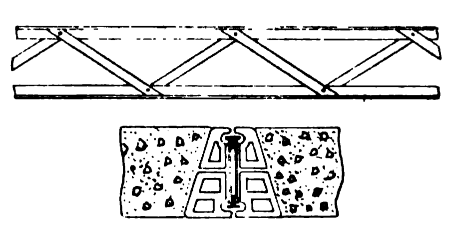


Bild 300.

Die Herbst'sche Decke (Bild 301) setzt sich aus zwei Bauteilen zusammen, dem schmalen und hohen Eisenbetonbalken, der die Zug- und Druckspannungen aufnimmt, und dem nur als Füllkörper dienenden Hohlbalken aus porösem Ton, Schlackenbeton oder sonstigen leichten Baustoffen. Die Hohlbalken sind mit Nasen versehen, die sich auf den verbreiterten unteren Teil der Eisenbetonbalken aufstützen. Als dritter Bauteil tritt eine Betonabdeckung hinzu, welche infolge der abgeschrägten Kanten der Hohlbalken eine gewölbeartige Verspannung der Betonbalken bewirkt und die Oberseite der Decke abgleicht. Die Decke ist bis zu 5,20 m Spannweite seit 1903 zugelassen.

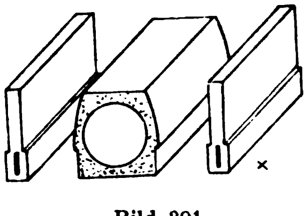


Bild 301.

Die Decke nach Bauweise Stolte (Bild 302) beruht auf der Anwendung der Stolte'schen Stegzementdiele, die fabrikmäßig hergestellt wird. Diese Diele ist 1,80 m lang, 0,15 m breit und 8 bezw. 10 cm hoch, der Länge nach durchgehend mehrfach gelocht und in der Zugzone mit hochkant gestellten Bandeiseneinlagen versehen, deren Höhe 26 mm und deren Breite 2 bezw. 1,6 mm beträgt. Die Unterseite ist zur besseren Verbindung mit dem

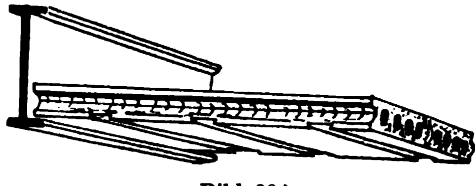


Bild 302.

Putze mit schwalbenschwanzförmigen Rillen versehen. Beim Verlegen, das ohne Rüstung geschehen kann, werden die Fugen mit Zementmörtel ausgefüllt.

Die Siegwartdecke (Bild 303) setzt sich aus nebeneinander gelegten Hohlbalken zusammen (siehe Seite 178), die der Länge nach von einem Hohlraum durchzogen werden. In den Seitenwänden liegen die Zugbeanspruchung aufnehmende Eiseneinlagen, die teils gerade, teils an den Enden nach aufwärts gebogen sind. Die Balkenbreite beträgt 0,25, die Höhe 0,12—0,21 m. Bei großen Spannweiten hilft man sich entweder durch Einbau von Unterzügen oder man spannt zwischen zwei aneinander stoßenden kürzeren Hohlbalken Zugeisen von Auflage zu Auflage und füllt die Fuge mit Beton aus. In diesem Falle müssen die Stoßfugen benachbarter Balken gegeneinander versetzt sein.

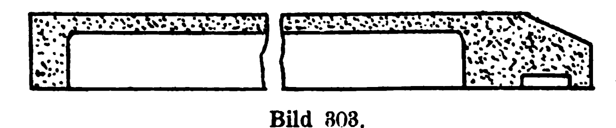


Bild 303.

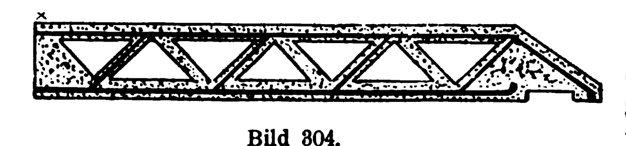


Bild 304.

Die Bauweise Visintini (Bild 304) benutzt Hohlbalken aus Eisenbeton (siehe Seite 178), die aus einem Ober- und Untergurt bestehen und durch geneigte Stege miteinander verbunden sind, sodaß ein regelrechter Gitterträger entsteht. Die Verlegung erfolgt wie die der Siegwartbalken. Die Breite der Balken beträgt stets 20 cm, die Höhe 15—21 cm, die Spannweite bis zu 6 m.

## Uferbefestigungen und Meeresbauten.

Es ist bereits erwähnt worden (Seite 175—177 und 199—200), daß der Beton und Eisenbeton für Wasserbauten ein unschätzbarer Baustoff geworden ist. Bauten zur Erhaltung der Küsten und der Befestigung des Meeresstrandes sind schon von jeher Schmerzenskinder der Bauleute gewesen, denn die Gewalt der Meereswogen zerstörte oft binnen weniger Stunden, was menschlicher Fleiß in langer Zeit geschaffen hatte, und man kann sagen, daß seit Einführung des Betonbaues der zerstörenden Gewalt der Meereswellen bedeutend Abbruch getan worden ist. In neuerer Zeit wendet man bei Meeresbauten auch den Eisenbeton häufiger an. Als Beispiel dafür können die Befestigungsbauten auf der Insel Helgoland gelten, auf welcher zur Zeit langgestreckte Schutzmauern aus Eisenbeton zur Sicherung des sogenannten Unterlandes und der davor liegenden Düne ausgeführt werden. Die als Stützpunkt für die deutsche Kriegsmacht so wichtige Felseninsel verliert bekanntlich von Jahr zu Jahr an Umfang. Während vor tausend Jahren die Insel gegen 80 qkm groß war, wie geschichtlich feststeht, ist ihr Flächeninhalt heute auf 0,59 qkm zusammen-

geschrumpft, und es war nur eine Frage der Zeit, bis wann die Meereswellen ihr Zerstörungswerk vollendet hätten. Nach vielen vergeblichen Versuchen, mit Hilfe starker Stampfbetonmauern der Zerstörung Einhalt zu gebieten, werden gegenwärtig dort großartige Eisenbetonmauern zum Schutz gegen die Meereswellen aufgeführt, die sich ausgezeichnet bewähren und entgegen der früher versuchten Befestigungsart mit schweren Stein- und Betonquadern der begründeten Hoffnung Spielraum lassen, daß das Felseneiland für die Dauer erhalten bleiben wird.

Um einen Begriff von den Anforderungen zu geben, welche an solche Bauten zu stellen sind, führen wir in unseren Bildern 305 und 306 einen Buhnenbau vor, welcher auf der Insel Sylt zum Schutz der Küsten



**Bild 305. Buhne bei Sylt.**

ausgeführt wird. Unser Bild 305 zeigt eine sogenannte Meeresbuhne aus Betonblöcken bei ruhiger See, und unser nächstes Bild 306 zeigt die gleiche Buhne nach heftigem Seegang während der Ausbesserungsarbeiten. Die schweren kubikmetergroßen Betonblöcke, welche durch ein Pfahlwerk gegen Abspülung geschützt, in Gestalt eines Dammes weit in die See hinausragen, sind durch die Gewalt der Wellen aus ihrem Lager herausgehoben und im Hintergrunde unseres Bildes sehen wir eine Dampframme in Tätigkeit, um die durch die Gewalt des Sturmes weggerissenen Pfähle wieder durch neue zu ersetzen. Die jetzt fast allgemein für dergleichen Bauten in Anwendung kommenden Betonblöcke haben gegenüber den bisher verwendeten, unregelmäßigen Felsblöcken den Vorteil, daß sie in

gleichmäßiger Würfelform hergestellt werden können und deshalb genau passend in die Fugen verlegt werden können. Trotzdem sieht man auf unserem Bild, mit welcher erstaunlichen Gewalt diese schweren Blöcke aus ihrem Lager durch die Meereswellen herausgerissen werden und es wird nur eine Frage der Zeit sein, daß solche Buhnen dank der guten Erfahrung, die man auf Helgoland damit gemacht hat, später durch Eisenbetonbauten ersetzt werden, die naturgemäß dem Spiel der Wellen einen bedeutend größeren Widerstand entgegensetzen können, als es beim Blockbau möglich ist, weil der ganze Bau ein einheitliches Ganzes bildet



Bild 306. Buhne bei Sylt nach heftigem Seegange.

und die Fugenbildung hierbei überhaupt ausgeschlossen ist, sodaß den Wogen kein Angriffspunkt geboten wird.

## Kanalbauten und Wasserleitungen.

Bei dem fortgesetzten Anwachsen der Bevölkerungszahl der Städte ist die gesundheitliche Frage mehr in den Vordergrund getreten als dies früher der Fall war. Der Zuleitung frischen und gesunden Trinkwassers und der Entfernung und Unschädlichmachung der Abwässer stellen sich oft Schwierigkeiten entgegen. Auch auf diesem Gebiet hat sich in Bezug auf die bauliche Ausführung solcher Anlagen der Beton- und Eisenbetonbau endgültig den Sieg gesichert. Man stellt heute Kanalleitungen in

Stampfbeton und Eisenbeton her, die man noch vor wenigen Jahrzehnten nur in Ziegelbau auszuführen wagte, ja man kann sagen, daß der Beton- und Eisenbetonbau auch auf diesem Gebiete die Bauausführung in vielen Fällen in neue Bahnen gelenkt hat. Neben Verringerung der Anlagekosten bieten sich beim Betonbau auch hier wieder die schon erwähnten Vorteile der schnellen Ausführung und der großen Anpassungsfähigkeit an alle Verhältnisse dar.

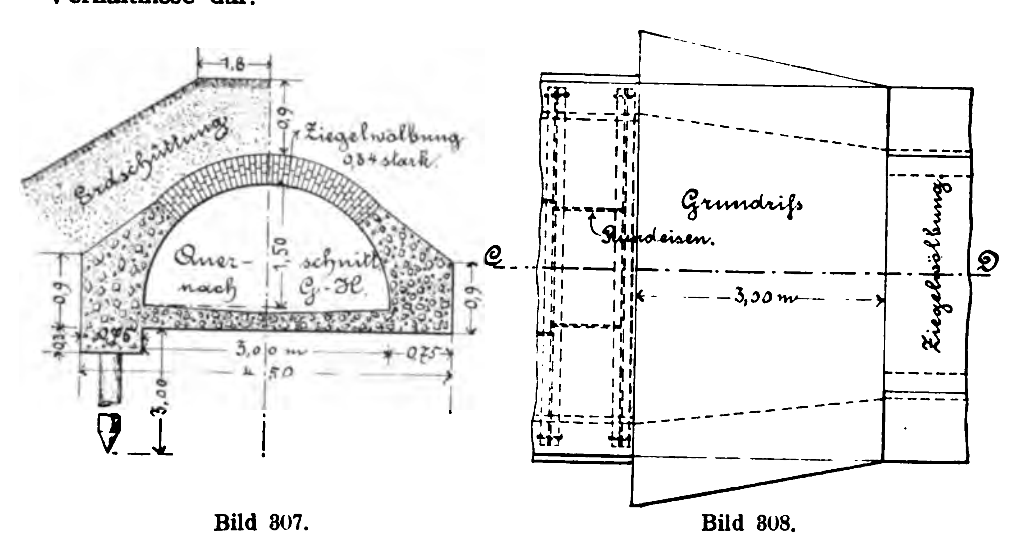



Bild 307. Bild 308.

Die Anlage von Abwässerkanälen in Städten bietet sehr häufig große Schwierigkeiten wegen der ungleichen Höhenanlage der Straßen, besonders wenn die Kanäle innerhalb der Städte in zeitweise wasserarmen Flüssen mit niedrigen Ufern eingeführt werden müssen. Man ist dann häufig

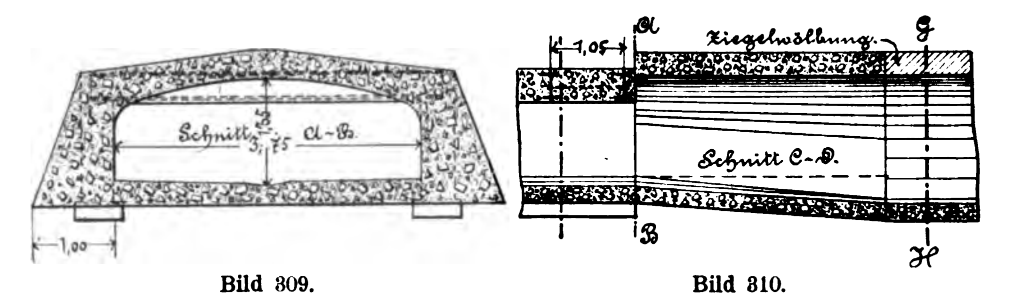



Bild 309. Bild 310.

zur Anlage sehr flacher Kanalprofile gezwungen, denen man nur mit großem Aufwande von Baustoffen die erforderliche Tragfähigkeit verleihen kann. Mit Hilfe des Betons und Eisenbetons ist man in der Lage, die sich der Ausführung darbietenden Schwierigkeiten dieser Art leicht zu überwinden. Die Bilder 307 bis 311 stellen ein Beispiel dar, in welcher Weise man derartige Aufgaben unter Zuhilfenahme der Verwendung von Eisenbeton gelöst hat. Das Bild 307 stellt die ursprüngliche Querschnitts-

form eines Entwässerungskanales dar, Bild 308 den Grundriß vom Anschluß des ursprünglichen Querschnitts an den niedrigen, den Bild 309 im Querschnitt zeigt. Im Bild 310 sieht man den Längsschnitt an der Uebergangsstelle und im Bild 311 endlich den Querschnitt des Kanals an der Ausmündung. Aus diesen Bildern geht deutlich hervor, wie die Eiseneinlagen in den Beton gebettet sind und wie man dadurch weit spannende Gewölbe oder Betondecken herstellen konnte, die bei geringer Bauhöhe auch größeren Belastungen gewachsen sind.

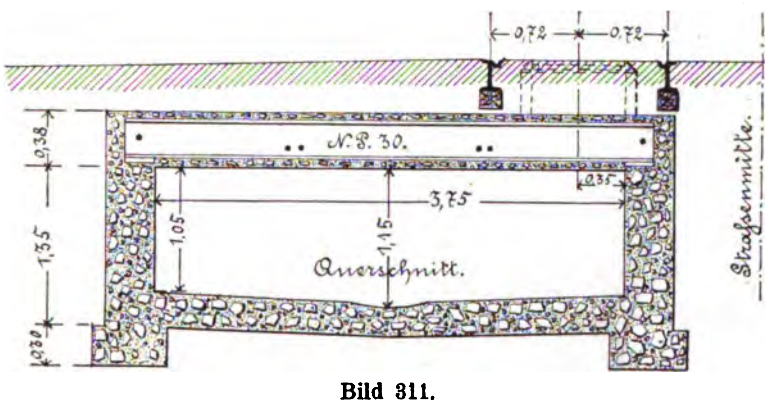



Bild 311.

Auch zu Druckwasserleitungen verwendet man mit bestem Erfolge den Eisenbeton. Die Bilder 312 und 313 zeigen den Querschnitt und die Einzelheiten eines solchen Eisenbetonrohres, das auf inneren Druck für eine Wassersäule von 20 m berechnet wurde. Das eigentliche Zement-

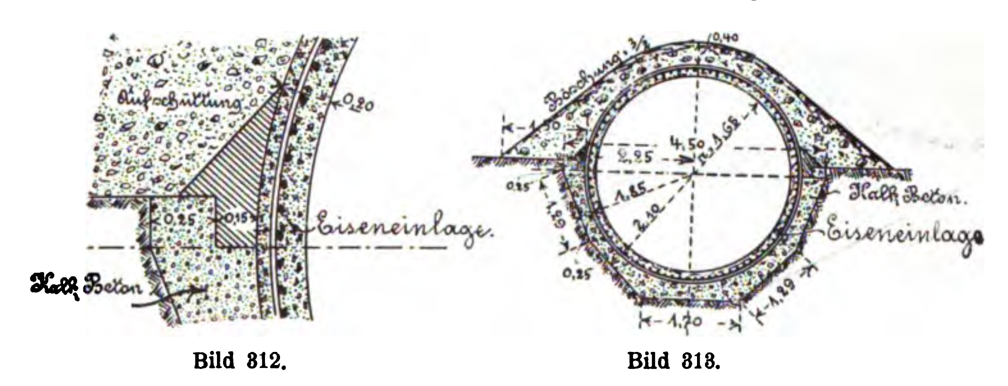



Bild 312. Bild 313.

betonrohr ruht auf einer Unterlage von hydraulischem Zementkalkbeton. Zur Verstärkung des Betons wurden Stabeisen von 11 bis $22^1/_2$ mm Durchmesser in gleichmäßigen Abständen parallel der Leitungsachse in die Rohrwandung eingelegt. Diese Längsstäbe wurden von 6—12 mm starken Rundeisenringen umfaßt, die gleichfalls in regelmäßigen Abständen, jedoch senkrecht zur Leitungsachse verlegt wurden. Das so gebildete Netz hatte 10 . 11 cm große Maschen. Die Rohrwandung war 20 bis 25 cm dick.

Die Ringe wurden auf der Baustelle nach einer Lehre gebogen und zusammengeschweißt. Die Längsstangen wurden mit den Ringen mittelst Draht verbunden.

---

## Einzelbauteile.

Bei der heutigen Ausdehnung des Beton- und Eisenbetonbaues ist es nahezu unmöglich, alle Einzelbauteile einzeln anzuführen, welche aus den genannten Baustoffen hergestellt werden. Es sollen deswegen nachstehend nur diejenigen Einzelbauteile näher besprochen werder, deren



Bild 314.

Herstellung entweder etwas besonders Bemerkenswertes darbietet, oder deren Ausführung in Beton und Eisenbeton noch nicht allgemein bekannt ist.

In der Regel werden solche Teile in einfachen Holz- oder Eisenformen hergestellt und es erübrigt sich, auf die Einzelheiten hier näher einzugehen, weil überall die schon in diesem Werk genügend gekennzeichneten Maßnahmen bei der Verarbeitung des Betons in Anwendung gelangen. Zum Teil hat die Herstellung von solchen Einzelteilen großen Umfang angenommen. Wo früher vielfach als ausschließlicher Baustoff Holz in Frage kam, wie z. B. bei Treppenstufen, Pfosten, Krippen aller

Art, Bottichen und Gefäßen, tritt heute der Beton an die Stelle des Holzes.

Die fast überall gebräuchlichen hölzernen Telegraphenstangen, welche die elektrischen Drähte über Berg und Tal führen, waren von jeher ein Schmerzenskind der Fachleute. Das untere Ende dieser Stangen hielt trotz aller künstlichen Mittel nur kurze Zeit den Einflüssen der Erdfeuchtigkeit Stand, und wenn dieses Stück seine Tragfähigkeit durch Fäulnis eingebüßt hatte, war der ganze übrige Pfahl, selbst wenn das Holz an sich noch gesund war, für den gleichen Verwendungszweck wertlos. Diesen und weiteren Uebelständen hilft man dadurch ab, daß man die Pfähle mit einem Schuh oder Sockel aus Stampfbeton, der ein Stück über die Geländelinie reicht, versieht. Die Verbindung zwischen dem Betonsockel und dem Pfahl wird durch vier kräftige Laschen aus Flacheisen hergestellt, die über die ganze Fläche des Betonstückes reichen und ein Stück des unteren Teiles des Holzpfahles umfassen. Die Laschen werden sowohl am Betonklotz, als auch an den Holzpfählen mit kräftigen Schraubbolzen aus Rundeisen, welche je zwei einander gegenüberliegende Laschen mit einander verbinden, verankert. Auf diese Weise erzielt man einen dauernden Fortbestand solcher Pfähle, welche man früher, wenn das untere Ende durch Fäulnis unbrauchbar geworden war, nur in seltenen Fällen wieder verwenden konnte, weil sie nach dem Abschneiden des schadhaften Endes meistens für den Verwendungszweck zu kurz wurden. Das Bild 314 stellt einen Betonsockel dar, der soeben an einem Holzpfahle befestigt werden soll. Solche Sockel sind leicht in passenden Holzformen in beliebiger Länge herzustellen, und sie werden meistens in Gestalt achteckiger Prismen angefertigt, wie auf dem

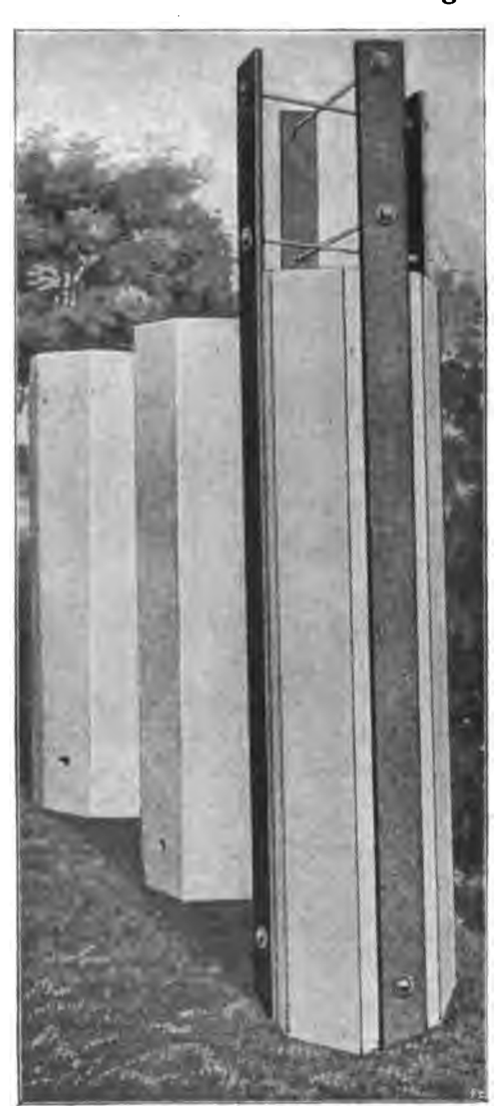


Bild 315. Betonsockel.

Bild 315 zu sehen ist. Das Bild 316 veranschaulicht die Art und Weise, wie schadhafte Stämme mit dem Sockel versehen werden, ohne die Pfähle umlegen zu müssen. Endlich stellt das Bild 317 einen fertig eingelassenen



Bild 316. Unterschieben des Betonsockels.



Bild 317. Ein mit Betonsockel versehener Pfahl.

Pfahl mit Sockel dar. Ganze Telegraphenstangen sind ebenfalls schon mehrfach aus Eisenbeton hergestellt und haben sich bisher gut bewährt.

Statt der hölzernen und eisernen Schwellen für Eisenbahnschienen bemüht man sich seit einigen Jahren, Schwellen aus Eisenbeton einzuführen.

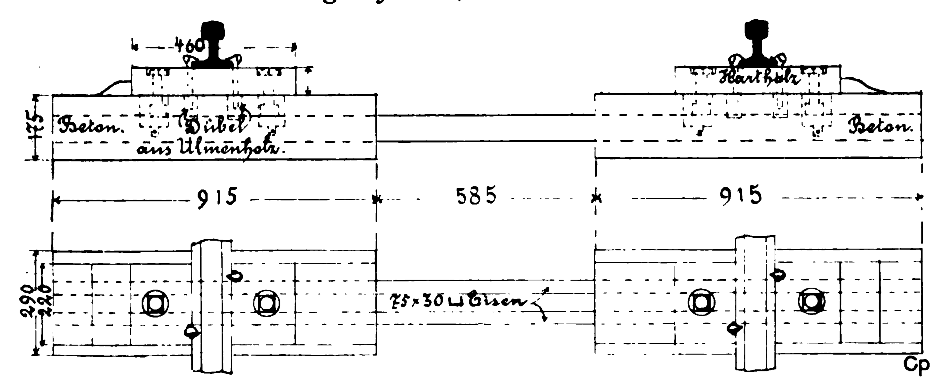



Bild 318. Kimballschwelle.

Hölzerne Schwellen verfallen trotz aller angewendeten Schutzmittel leicht der Fäulnis, und eiserne Schwellen werden schnell vom Rost zerstört. In Amerika versuchte man es zunächst mit der sogenannten Kimballschwelle, welche Bild 318 zeigt. Sie besteht aus einem U-Eisenstück, welches an beiden

Enden in Beton eingebettet ist. Als Auflager für den Schienenfuß dienen Stücke von Hartholz. Diese Ausführung hat sich wenig bewährt. Im Bild 319 ist die Buhrer'sche Eisenschwelle ohne Ummantelung und im



Bild 319. Buhrerschwelle.

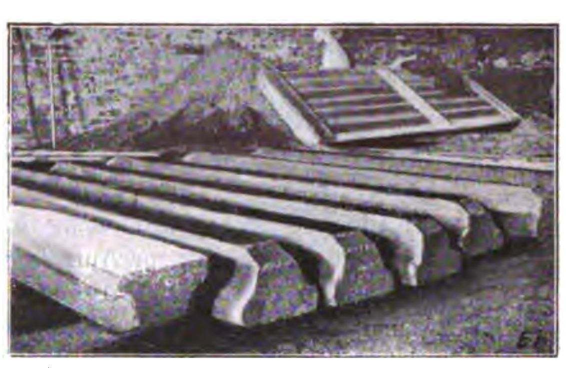


Bild 320. Buhrerschwelle mit Betonumhüllung.

Bild 320 dieselbe Schwelle mit Betonumhüllung dargestellt. Hierbei werden alte Eisenbahnschienen verwendet, die leicht und billig zu haben sind. Die Schienenstücke werden, mit dem Kopf nach unten, in den Beton eingebettet. Das Bild rechts zeigt die Schwellenart noch deutlicher und Bild 321



Bild 321. Oberbau mit Buhrerschwellen.

gibt eine Anschauung des mit solchen Schwellen hergestellten Oberbaues auf einer freien Kurvenstrecke. Diese Art Schwellen haben sich auch als Weichenschwellen gut bewährt. Das Bild 322 veranschaulicht endlich die Schienenbefestigung bei einer Schwelle aus reinem Stampfbeton ohne

jede Eiseneinlage. Die Schienen werden bei der Verwendung durch drei in den Beton eingelegte Keilstücke unter Zuhilfenahme von Schrauben befestigt.

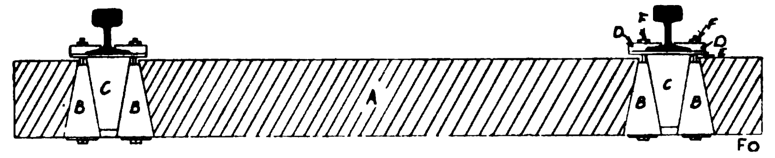



Bild 822. Schwelle aus Stampfbeton ohne Einlage.

## Behälter.

Einen großen Aufschwung hat die Herstellung von Behältern aus Beton und Eisenbeton zur Aufnahme von flüssigen oder trockenen Stoffen und Massengütern aller Art genommen. Der Bau solcher Behälter aus Eisen und Stein bot manche Schwierigkeiten dar, die um so größer waren, in je größeren Abmessungen die Behälter gebaut werden sollten. Die Wirtschaftlichkeit solcher Behälter wächst bekanntlich mit ihrer Größe und es bedurfte in jedem Einzelfalle genauer Ueberlegung, um die Größenverhältnisse mit den Kosten für die Herstellung in Einklang zu bringen. Besonders fühlbar machte sich dieser Umstand, wenn die Behälter zur Aufnahme von Wasser, Kohlen, Getreide, Zement oder ähnlichen schwer ins Gewicht fallenden Stoffen dienen sollten. Man war dabei gezwungen, sofern größere Fassungsräume in Betracht kamen, solche Behälter stets in Eisen auszuführen, da andere Baustoffe zu große Wandstärken und viel zu große Anlagekosten erforderten. Mit Hilfe des Eisenbetons ist es möglich, Behälter zu bauen, die in gleicher Größe aus anderen Baustoffen als aus Eisen überhaupt nicht herzustellen sind, und wir haben heute solche Behälter in Abmessungen, deren Ausführung früher in Rücksicht auf die Kosten kaum möglich gewesen wäre. Aus der großen Zahl der vorhandenen Bauwerke sollen einige herausgegriffen und näher beschrieben werden, um eine Anschauung davon zu geben, welche großen Vorteile gerade in diesem Zweig der Baukunst der Eisenbeton darbietet.

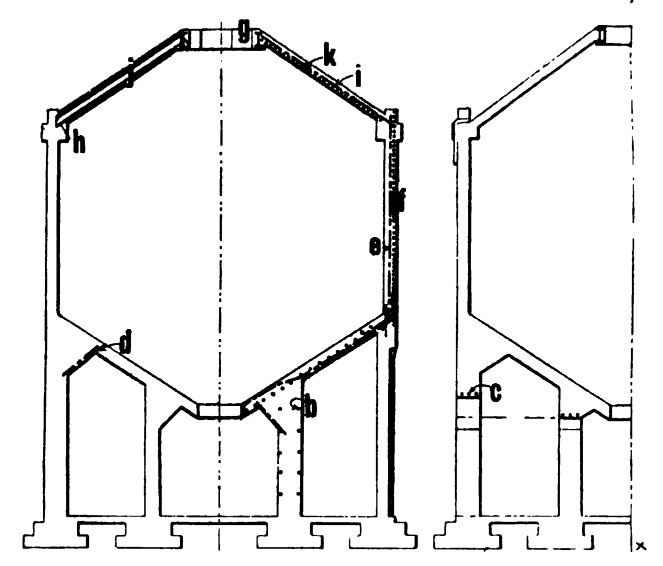



Bild 828. Kohlensilo aus Eisenbeton.

Der in Bild 323 und 324 dargestellte Behälter ist imstande, 365000 kg Kohle aufzunehmen. Die Füllung des oben abgedeckten Behälters erfolgt in der Weise, daß die Kohle mit Hilfe eines Becherwerkes über die Mitte des Eisenbetonbehälters gehoben und durch die daselbst befindliche Oeffnung in diesen abgestürzt wird. Die Gesamthöhe des Behälters beträgt bis zur Fußkante des pyramidenförmigen Daches 11 m, die innere lichte Weite 9,15 m. Er ruht auf zwölf äußeren und acht inneren Säulen, die durch kräftige Gewölbe ringförmig miteinander verbunden sind. Der Boden bildet einen 2,90 m tiefen Trichter mit einer runden Oeffnung von 1,20 m Durchmesser an der tiefsten Stelle, aus welcher nach Oeffnung eines Schiebers die Kohle in die untergeschobenen Fördergefäße fällt, welche sie nach der Verwendungsstelle bringen. Innerhalb der Kanten der Tragsäulen stehen 19 mm starke senkrechte Stäbe a, die in Abständen von 55 cm durch rechtwinklig gebogene 6 mm starke Drähte b verbunden sind. In der Zugzone der die Säulen verbindenden Gewölbe sind je drei 19 mm starke Stäbe c vorgesehen, während in den das Behältergewicht auf die Säulen übertragenden Konsolen 13 mm starke Stäbe d eingebettet sind. Die Eiseneinlagen der senkrechten Behälterwände bestehen aus 45 cm voneinander abstehenden, abwechselnd 19 und 13 mm starken, senkrechten Stäben e, um welche sich ebenso starke, ringförmig gebogene, wagerechte Stäbe f legen. In dem Dache verlaufen, ausgehend von dem die Einfüllöffnung bildenden Ringe g zwölf I-Träger j strahlenförmig schräg nach abwärts, wo sie das die geraden Wände krönende Gesimse h erreichen. Zwischen diesen Trägern liegen geneigte, 13 mm starke Stäbe i und unter diesen, sie rechtwinklig kreuzend, ebenso starke, kreisförmig gebogene Stäbe k. Die Mischung der Betonmasse geschah im Verhältnis 1 : 2,5 : 5 und zwar so, daß zunächst Sand und Zement bis zur einheitlichen Färbung trocken gemischt wurden, worauf eine geringe Wassermenge unter tüchtigem Umschaufeln

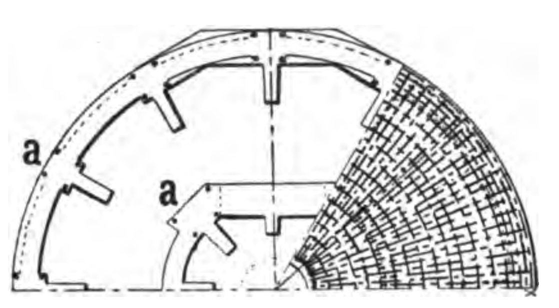



Bild 324. Grundriß des Kohlensilos.

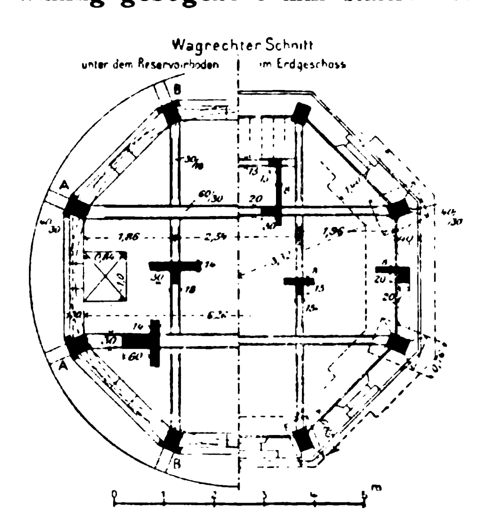



Bild 325. Wasserbehälter.

zugesetzt wurde. Dann wurde Kies und Kleinschlag trocken gemischt und zuletzt Mörtel und Zuschlagstoffe unter Zusatz von soviel Wasser zusammengegeben, daß eine ausgesprochen nasse Betonmasse entstand. Sämtliche Eiseneinlagen waren mindestens 25 mm hinter der Betonoberfläche eingebettet.

Einen Wasserbehälter aus Eisenbeton zeigen die Bilder 325 bis 327. Der eigentliche Behälter befindet sich in dem obersten Stockwerk eines Turmes, der teilweise aus Eisenbeton, teilweise aus Ziegelmauerwerk hergestellt ist. Der Behälterboden befindet sich in einer Höhe von 15 m im obersten Stockwerk des Turmes. Der Fassungsraum des Wasserbehälters beträgt 130 cbm, der äußere Durchmesser 6,86 m und die Höhe 4,0 m. Das eine rechteckige Pyramide darstellende Dach ist über die obere Behälterkante um etwa $1^1/_2$ m heruntergezogen, sodaß die Höhe des Behälters äußerlich nicht zum Ausdruck gelangt. Um den Behälter herum führt ein Gang von 0,70 m Breite, der von unten durch Steigeisen zu erreichen ist. Die Eiseneinlagen waren nach der Bauweise Hennebique angeordnet, und der Beton hatte ein Mischungsverhältnis von 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 3 Teilen Kies. Der Wasserbehälter war durch eine Wand in zwei Teile geteilt, um ohne Betriebsstörung eine Reinigung vornehmen zu können. Alles übrige ist aus den Bildern ersichtlich.

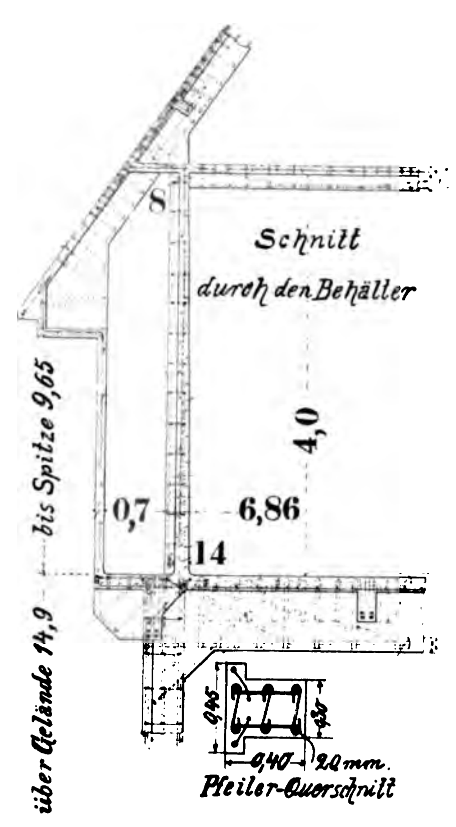



Bild 326. Wasserbehälter.

Eine weitere Verwendung von Beton zur Herstellung von Behältern zeigen die Bilder 328 und 329. Hier sind die sogenannten Versetzgruben einer Gerbereianlage aus Stampfbeton hergestellt, weil sich ergeben hat, daß der Einfluß der Gerbsäure auf den Beton weit geringer ist als auf Eisen. Außerdem war aber auch der Herstellungspreis für die Betonausführung billiger als eine andere aus Ziegeln gewesen wäre. Der Stampfbeton der Gruben war aus 1 Teil Zement, 4 Teilen Sand und 6 Teilen Kies zusammengesetzt. Die Pfeiler, Decken und das Gebälk der darüber befindlichen Geschosse sind ebenfalls aus Eisenbeton hergestellt; die Abmessungen der einzelnen Gruben gehen aus den Bildern auf S. 344 und 345 hervor.

## Betonrohre.

Die Herstellung von Betonröhren ist von so großer Bedeutung für die Zementwarenindustrie geworden, daß sich der Verfasser dieses Werkes veranlaßt sah, seine Erfahrungen in der Zementrohrherstellung in einer besonderen Schrift „Zementrohre, eine Anleitung zur Herstellung derselben und Auswahl der wichtigsten Rohstoffe"*) zu veröffentlichen, weshalb hier von einer eingehenden Besprechung abgesehen werden kann.

Welche Ansprüche Behörden an die zu liefernden Betonröhren stellen, und welche Verbreitung solche Röhren in den letzten Jahren erfahren haben, ist aus der kleinen Schrift von Professor Gary, „Zementröhren, ihre Verwendung, Prüfung und Bewertung in der Praxis"**) zu ersehen. Das kleine Werk ist für die Hersteller von Zementröhren von hoher Wichtigkeit, da hier die bisherigen Erfahrungen mit Betonröhren übersichtlich geordnet zusammengestellt sind. Da diese Zusammenstellung auf Grund amtlicher Auskünfte erfolgt ist, so haben die Ergebnisse besonderen Wert. Ebenso sind die Verfahren zur Prüfung von Röhren auf Druckfestigkeit und Wasserundurchlässigkeit angegeben, sodaß der Hersteller von Betonröhren erfährt, auf welche besonderen Punkte er sein Augenmerk richten muß.



Bild 327. Der Wasserturm im Bau.

Aus der Gary'schen Rundfrage geht hervor, daß die Verwendung der Zementrohre zu Kanalisationszwecken in stetem Zunehmen begriffen

*) Verlag „Tonindustrie-Zeitung", Berlin NW.21. Preis 2.25 M.
**) Verlag „Tonindustrie-Zeitung", Berlin NW.21. Preis 1,50 M.

ist und daß die Erfahrungen, die man hierbei gemacht hat, so günstig sind, daß man Zementrohre in Zukunft immer mehr und mehr anwenden wird. 29 Orte Deutschlands verwenden Zementrohre seit 1 bis 5 Jahren, 46 Orte seit 5 bis 10 Jahren, 44 Orte seit 10 bis 15 Jahren, 24 Orte seit 15 bis 20 Jahren, 20 Orte seit 20 bis 25 Jahren und endlich 21 Orte schon seit etwa 40 Jahren. Hauptsächlich in Süddeutschland sind die Stampfbetonröhren am längsten in Gehrauch, in dem übrigen Teile Deutschlands haben sie sich erst im Laufe der Zeit eingebürgert, und in Ostdeutschland sind die Zementrohre erst in den letzten Jahren zur Verwendung



Bild 828. Behälter zu Gerbereizwecken.

gelangt. Innerhalb 40 Jahren sind etwa 1790 km Zementröhren für Kanalisationszwecke verlegt worden, eine Strecke, die etwa der Entfernung zwischen Magdeburg und St. Petersburg entspricht, und die darauf hindeutet, welche günstigen Erfahrungen man beim Verlegen dieser Rohre gemacht haben muß, um nicht zu einer anderen Kanalisationsart überzugehen. Die Urteile von Stadtbaubehörden über die Verwendung von Zementröhren sind ungefähr folgende: 33 Verwaltungen stellten gute, 5 vorzügliche, 6 zufriedenstellende Erfahrungen fest. 12 Verwaltungen bezeichnen Zementkanäle als empfehlenswert, praktisch und zweckent-

sprechend sowie billig. In mehreren Fällen findet sich dann noch die Ansicht, daß die Verwendung von Zementkanälen einfach ist, daß sie unverwüstlich sind, sich für große Lichtweiten empfehlen und sehr brauchbar sind. Verschiedene Verwaltungen heben hervor, daß keine Zweifel über die Verwendbarkeit vorhanden sind, wenn keine Geschiebe, heiße Wässer oder Säuren in den Abwässern mitgeführt werden und wo das

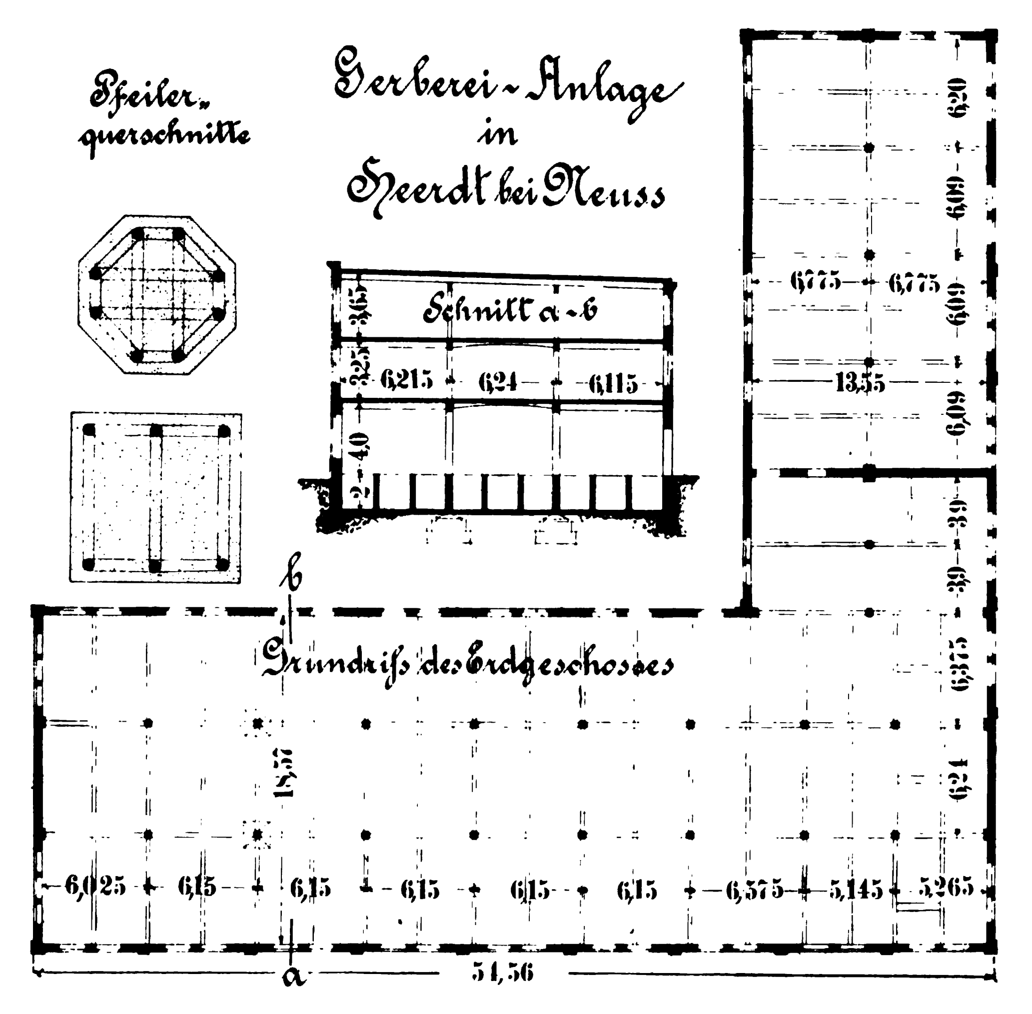



**Bild 829. Grundriß einer großen Gerbereianlage aus Eisenbeton.**

Gefälle gering ist. Völlig schlechte Erfahrungen hat keine einzige Verwaltung mit Zementröhren gemacht, bezw. mitgeteilt. Aus diesem geht hervor, wie lohnenswert und erfolgreich die Anfertigung von Zementröhren ist, wenn man darauf achtet, daß man den Bedingungen, welche die Behörden für die Lieferung von Zementröhren vorschreiben, entspricht. Die Prüfungsweise über die Tauglichkeit von Zementröhren werden in

einem späteren Abschnitt über die Prüfungsmaschinen und Belastungsproben behandelt werden.

## Viehtröge und Krippen.

Einen gewinnbringenden Herstellungszweig in der Zementwarenindustrie bildet, vorzugsweise in ländlichen Orten, die Anfertigung von Viehtrögen und Krippen, Gegenstände, die in der Landwirtschaft stets gebraucht werden und daher bei gutem Verkaufspreise zu jeder Zeit Absatz finden.

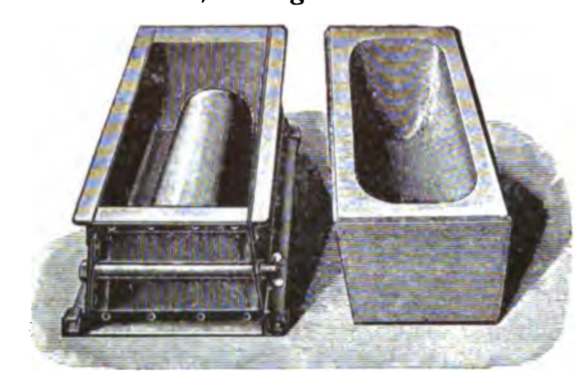


Bild 330. Schweinetrog nebst Form.

Das Bild 330 stellt eine Schweinstrogform und daneben einen fertigen Trog dar. Die Form besteht aus starkem Eisenblech mit einem Kern aus Gußeisen oder Holz. Nach erfolgtem Einstampfen der Betonmasse läßt man das Formstück gut anziehen und entfernt dann vorsichtig die äußeren Formteile, läßt dann den Beton weiter abbinden und beseitigt dann die übrigen Teile der Form. Eine Viehkrippenform zeigt das Bild 331. Die Form ist fünfteilig und nach allen

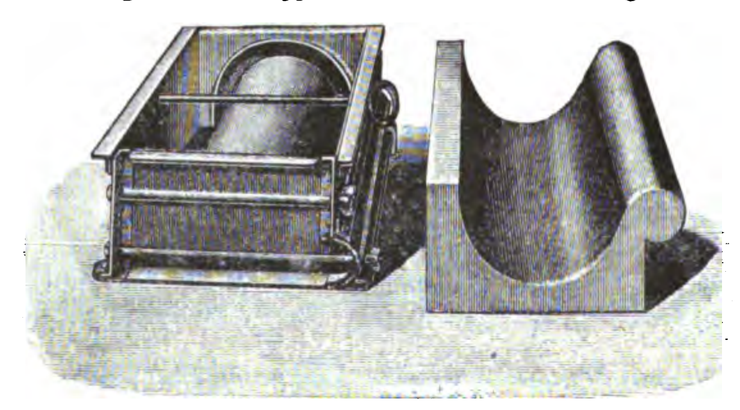


Bild 331. Viehkrippe nebst Form.

Seiten zerlegbar, aus starkem Eisenblech gebaut und mit einer auf unserem Bilde links sichtbaren durchgehenden Eisenstange versehen, welche gleichzeitig die beiden Längsseiten der Form zusammenhält Nach dem Ausformen wird durch das durchgehende Loch eine Stange mit einem Ring gesteckt zum Anbinden des Viehes. Durch Aneinanderreihen der Formstücke erhält man dann einen durch die ganze Länge des Stalles durchgehenden Trog.

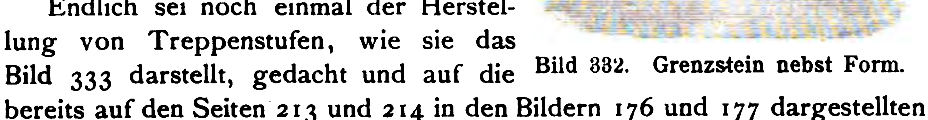
## Grenzsteine.

Um Grenzsteine anzufertigen, benutzt man die im Bild 332 neben dem fertigen Grenzsteine befindliche Form aus Eisenblech, die ebenfalls zwecks bequemeren Ausformens nach allen Seiten zerlegbar ist. Da derartige Grenzsteine besonders dauerhaft und ungleich billiger, als die aus Naturgestein hergestellten sind, außerdem aber ihre gleichmäßige Form besonders zweckmäßig ist, so ist die Anfertigung äußerst lohnend und empfehlenswert.

Bild 332. Grenzstein nebst Form.

## Treppenstufen.

Endlich sei noch einmal der Herstellung von Treppenstufen, wie sie das Bild 333 darstellt, gedacht und auf die bereits auf den Seiten 213 und 214 in den Bildern 176 und 177 dargestellten Formen hingewiesen.



Hierbei sei noch besonders bemerkt, daß man recht schöne Treppenstufen aus Terrazzobeton herstellen kann. Diese müssen dann natürlich geschliffen und poliert werden, wie dies unter „Terrazzo“ auf den Seiten 270—277 eingehend beschrieben wurde. Da solche Terrazzostufen immer mehr und mehr Anwendung finden, hat man besondere Schleif- und Poliermaschinen erbaut, auf welchen man nicht nur die Flächen, sondern auch die profilierten Kanten schleifen und polieren kann. Eine solche für Treppenstufen und Profilstücke geeignete Schleifmaschine, Bauart Offenbacher, stellt das Bild 334 dar. Unter reichlicher Wasserzufuhr wird mittels sich sehr schnell umdrehender Karborundum-Scheiben das Werkstück in kurzer Zeit so weit geschliffen, daß das darauf folgende Polieren

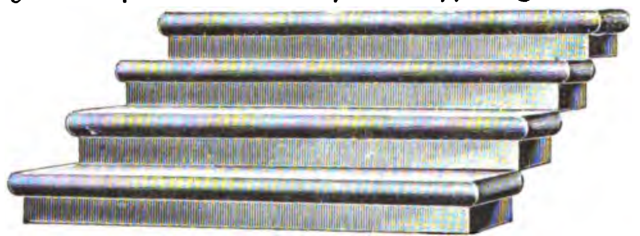


Bild 333. Treppenstufen aus Beton.

Bild 334. Schleif- u. Poliermaschine, Bauart Offenbacher.

nur wenig Zeit beansprucht. Auf dieser Maschine können durch passende, dem jeweiligen Profil entsprechende Schleifscheiben Stufen aller Art geschliffen werden.

Schließlich sei noch die Herstellung von Tischplatten, Sohlbänken für Fenster und ähnlichen Platten erwähnt, welche, meistens in Nachahmung edler natürlicher Steinarten gehalten, in manchen Gegenden gute Aufnahme gefunden haben. Auch schöne, dauerhafte und leicht sauber zu haltende Badewannen in allen Größen und Formen kommen immer mehr in Gebrauch, sodaß sich auch hierin mit der Zeit ein lohnendes Absatzgebiet erschließen wird. Ferner sollen noch die in neuerer Zeit mehr und mehr in Anwendung gelangenden faßähnlichen Behälter erwähnt werden, welche zur Aufbewahrung von Fleisch in gepökeltem Zustande dienen. Wie Versuche ergeben haben, ist die Meinung, daß Fleisch durch Aufbewahrung in Betonbehältern Einbuße am Wohlgeschmack erleidet, nicht zutreffend. Vielmehr zeigten die bisher gebräuchlichen Holzfässer eine nachteilige Einwirkung auf den Geschmack des darin aufbewahrten Fleisches, weil öfter die im Holz enthaltenen harzigen Bestandteile dem Fleisch einen bitteren Beigeschmack erteilten.

---

# Schutzanstriche.

Es ist mehrfach darauf hingewiesen worden, daß Betonmauerwerk nicht wasserdicht zu sein braucht, da dasselbe meistens nur auf Festigkeit beansprucht wird. Wenn es jedoch auf Wasserdichtigkeit ankommt, und nicht durch richtige Auswahl der Zuschlagstoffe unter Berücksichtigung der Mischungsverhältnisse und der Stampfarbeit von vornherein Wasserdichtigkeit gewährleistet ist, so muß das Betonmauerwerk durch besondere Anstriche wasserdicht gemacht werden.

Ferner ist schon erwähnt, daß Beton, wie alle kalkhaltigen Mörtel, gegen den Angriff von Säuren nicht unempfindlich ist, weil die meisten Säuren den Zement zerstören. Aus diesem Grunde können Tagewässer, welche Säuren enthalten, leicht eine schädliche Wirkung auf Beton ausüben.

Es ist deshalb notwendig, bei Betonbauten, die im Grundwasser liegen, oder die mit säure- oder salzhaltigen Wässern in Berührung kommen können, der Beschaffenheit des Wassers seine Aufmerksamkeit zu widmen. Besonders schädlich ist das Wasser, welches schwefelsaure Salze, wie beispielsweise Gips enthält. In solchen Fällen muß man dafür sorgen, daß das Wasser nicht in unmittelbare Berührung mit den Betonbauten kommt, was am besten durch Schutzanstriche geschieht, welche für Wasser undurchdringlich sind.

Fehler, die in dieser Beziehung beim Betonbau gemacht werden, sind später, wenn sich der zerstörende Einfluß säure- oder salzhaltiger Wässer geltend gemacht hat, schwer oder garnicht zu beseitigen. Ebenso bildet das Vorhandensein wasserdurchlässigen Betonmauerwerks an Stellen, die im Bereich des Grundwassers liegen, eine stete Quelle großer Unbequemlichkeiten und unnötiger Geldausgaben, z. B. bei der Trockenhaltung von Kellerräumen. Man muß also schon vor Beginn des Baues sich über die zu treffenden Maßregeln schlüssig werden, wenn man sich vor Schaden bewahren will.

Vor allen Dingen verabsäume man in solchen Fällen niemals, die gut eingeebnete Sohle der Baugrube vor Einbringen der Betonmasse mit geteerter Dachpappe zu belegen, damit das von unten kommende Grundwasser nicht an den Beton gelangen kann. Die einzelnen Lagen müssen dabei etwa 10 bis 15 cm an den Rändern übereinandergreifen und mit heißem Teeranstrich sorgfältig übereinander geklebt werden, so daß eine einzige, *in sich* zusammenhängende und wasserabschließende Isolierschicht

entsteht. Das aufgehende Mauerwerk muß dann nach dem Austrocknen an den dem Erdreich zugekehrten Außenseiten gleichfalls mehrmals mit heißem Asphalt-Teer bestrichen werden, wobei an der Unterkante des Mauerwerks die Ränder der Isolierpappschicht zweckentsprechend nach oben aufgebogen und etwa 10 bis 15 cm breit in die Teerschicht eingebettet werden. Wenn diese Arbeit mit der erforderlichen Sorgfalt ausgeführt ist, wird es in allen Fällen gelingen, einen völlig trockenen Keller zu erzielen.

Bei sehr hohem Grundwasserstande und außergewöhnlich tiefliegender Bausohle, wobei der hydrostatische Druck des Wassers eine erhebliche Kraftwirkung äußern kann, greift man auch wohl zum Schutze gegen das eindringende Wasser zu dünnem Bleiblech, welches an Stelle der Teerpappe verwendet. Hierbei empfiehlt es sich, die Kanten der Bleiblechbahnen zu verlöten. Außerdem ist jedoch das Bleiblech mit einem guten Asphaltanstrich zu versehen, oder besser noch mit geteerter Dachpappe zu belegen, damit das Blei nicht unmittelbar mit dem Zement in Berührung kommt. Es ist beobachtet worden, daß Blei in unmittelbarer Berührung mit dem Beton öfters ebenso wie Zink in kurzer Zeit zerstört wird.

Der einfache oder je nach Bedarf auch mehrfach aufgebrachte heiße Steinkohlenteeranstrich bleibt indessen immerhin das einfachste und billigste Mittel, das Eindringen des Wassers in den Beton zu verhüten. Teurer wird schon die Anwendung der besonders zu diesem Zweck hergestellten Anstriche, welche unter verschiedenen Namen in den Handel kommen.

Zum Anstrich von Betonwänden, die der Luft ausgesetzt sind, kann man Oelfarben verwenden. Die Flächen bedürfen jedoch, wenn der Anstrich unmittelbar oder kurze Zeit nach Herstellung des Mauerwerks erfolgen soll, eines Anstrichs mit den Keßler'schen Fluaten*), da der Oelfarbenanstrich auf frischem Zement nicht haftet. Man bedient sich hierzu einer Magnesia-Fluatlösung, die man mittels eines Pinsels aufträgt. Die Fläche muß etwas angetrocknet sein, um dem Fluat Gelegenheit zu bieten, von dem Betonmauerwerk aufgesaugt zu werden. Der erste Anstrich soll mit einer Magnesiafluatlösung von 12° B. erfolgen und zwar in der Weise, daß man mit dem Fluatieren von oben anfängt und nach unten weiter fortschreitet. Dringt das Fluat nicht rasch genug ein, so ist das Mauerwerk noch zu feucht. Jedenfalls muß alle Flüssigkeit innerhalb einer Minute aufgesogen sein. Ist dieses nicht zu erreichen, so wird die überschüssige Flüssigkeit mit einem trockenen Tuch oder mit Fließpapier entfernt. Nach 24 Stunden folgt ein zweiter Anstrich mit einer Magnesiafluatlösung von 20° B. Für 1 qm sind für beide Anstriche 400 g Magnesiafluatlösung erforderlich. Bei größeren Flächen tut man gut, das Magnesiafluat in Kristallen zu beziehen und die Lösung selbst vorzu-

*) Zu beziehen von Hans Hauenschild G. m. b. H., Berlin NW. 21, Dreysestr. 4B.

nehmen, während man bei kleinen Mengen besser die fertige Lösung bezieht. Ist die fluatierte Fläche gut abgetrocknet, so kann der Oelfarbenanstrich ohne Bedenken erfolgen.

Auch für Fußböden aus Zementbeton ist eine Tränkung mit Magnesiafluat anzuempfehlen, da hierdurch eine schnelle Härtung desselben herbeigeführt wird, wodurch der Fußboden frühzeitig in Benutzung genommen werden kann und die vielfach lästige Staubentwickelung verhindert wird. Erwähnt sei noch, daß auch ältere staubende Fußböden fluatiert werden können, um das Stauben zu beseitigen. Die Wirkung des Fluates ist dauernd, da es ein mineralisches Dichtungsmittel ist und so dem Verderben, welchem organische Mittel anheimfallen, nicht ausgesetzt ist. Die Fluate sind in Wasser lösliche Stoffe und werden aus Flußspat und Quarz hergestellt. Bei der Berührung mit Zement findet eine Rückbildung dieser Stoffe in den Poren des Betons statt. Es bilden sich feste Kristalle, welche durch Ausfüllung der Poren die Dichte des Betons erhöhen und gleichzeitig die Härte desselben vermehren. Das Fluatieren beschleunigt, wie schon erwähnt, die Anfangserhärtung des Zements und verhütet das Entstehen der Haarrisse. Sollen Fußböden, Behälter oder sonstige Gegenstände gegen die Einwirkung von Oelsäure geschützt werden, so empfiehlt sich außer dem Magnesiafluat eine weitere Behandlung mit Bleifluat. Allerdings hat die Fluatierung zu erfolgen, bevor Oel mit dem Beton in Berührung kommt. Besonders bewährt haben sich die Fluate auch zur Dichtung von Ammoniakwassergruben aus Stampfbeton.

Um einen Anhalt über die Art des Erhärtens durch Fluat zu geben, seien einige Zahlen gegeben, welche die Abnutzungsprüfung von fluatierten und unfluatierten Betonplatten mittels der Böhme'schen Schleifmaschine enthalten.

Abnutzung nach 440 Umdrehungen der Schleifscheibe und 50 qcm Schleiffläche:

| | unfluatiert | fluatiert | Zahl der Umdrehungen, welche erforderlich sind, um 1 gr abzuschleifen | | Erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Abschleifen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | unfluatiert | fluatiert | |
| Graue Zementplatte . | 22,9 | 4,6 | 19,2 | 95,6 | 5 fach |
| Mosaik- „ . | 17,8 | 3,4 | 24,7 | 129,4 | 5,2 „ |
| Zementestrich . . . | 11,6 | 2,2 | 38 | 200 | 5,3 „ |
| Terrazzofußboden . | 33,6 | 6,8 | 13 | 61,7 | 4,7 „ |
| Granitoidplatte . . | 10,9 | 3,9 | 40,4 | 113 | 2,8 „ |

# Prüfung des Betons.

Bei allen wichtigen Betonausführungen ist es unumgänglich erforderlich, vor Beginn des Bauwerkes sich darüber klar zu werden, welchen Mörtelbildner man zur Ausführung des Bauwerkes benutzen muß, und welches Mischungsverhältnis man für die einzelnen Bauteile in Rücksicht auf die zu verwendenden Zuschlagsstoffe zu nehmen hat. Um diese Frage, insbesondere vom wirtschaftlichen Standpunkte aus, richtig zu entscheiden, ist es erforderlich, daß man nicht nur den Mörtelbildner und die Zuschlagstoffe auf ihre Eigenschaften hin prüft, sondern auch das Zusammenwirken beider Stoffe aufeinander kennen muß, um hiernach die richtigen Mischungsverhältnisse je nach Beanspruchung der einzelnen Teile des Bauwerkes festsetzen zu können.

Da als Mörtelbildner für die wichtigeren Bauten ausschließlich Portlandzement in Frage kommt, so soll nachstehend nur die Prüfung des Portlandzementes ausführlicher behandelt werden, wobei im übrigen auf das von der Schriftleitung von „Zement und Beton" herausgegebene Taschenbuch, welches jedem Bezieher von „Zement und Beton" am Jahresschluß umsonst zugesendet wird, hingewiesen werden soll. In diesem Buch sind sowohl die vom Preußischen Ministerium auf Betreiben des Vereins Deutscher Portlandzementfabrikanten erlassenen Normen für die Lieferung von Portlandzement als auch die Einzelheiten für die normengemäße Prüfung*) und die diesem Zweck dienenden Apparate genau beschrieben.

Die Prüfung des Portlandzementes für den Betonbaufachmann hat sich zweckmäßig auf nachstehende Punkte zu erstrecken:

1. Form und Feinheit des Kornes,
2. Farbe und Gewicht,
3. Abbinden, Bindezeit und Erhärten.
4. Festigkeit,
5. Raumbeständigkeit,
6. Verhalten gegen hohe Hitze und Kälte,
7. Zusätze und betrügerische Beimengungen.

Form und Feinheit des Kornes. Nach den Normen soll Portlandzement so fein gemahlen sein, daß auf einem Siebe von 900 Maschen-qcm höchstens 10 v. H. Rückstand verbleiben, wobei die Drahtstärke des Siebes die Hälfte der Maschenweite betragen soll. Da der Grad der

*) Normen zur Prüfung von Eisenportlandzement bestehen noch nicht.

Feinung die Ausgiebigkeit des Zementes stark beeinflußt, so wird man bei der Verwendung im allgemeinen denjenigen Portlandzement bevorzugen, der bei der Siebprobe den geringsten Rückstand ergibt. Es hat sich deshalb der Gebrauch herausgebildet, außer dem 900 Maschensiebe noch ein bedeutend feineres Sieb von 5000 Maschen/qcm, anzuwenden, weil gerade der durch das 5000 Maschensieb gehende Teil am wirksamsten bei der Verkittung der Stoffe mitwirkt. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß schwachgebrannte Portlandzemente sich viel leichter aufs feinste zerkleinern lassen, als stark gebrannte, und man wird deshalb zur richtigen Beurteilung der Güte des Zementes außer der Mahlfeinheit auch seine Farbe und sein spezifisches Gewicht, das um so höher ist, je stärker der Zement gebrannt wird, in Rücksicht zu nehmen haben. Je besser der Portlandzement gebrannt ist, desto schärfer greift er sich zwischen den Fingern an. Zur Vornahme der Siebproben verwendet man 100 g Portlandzement, und man hat zu diesem Zweck besondere Siebsätze, die wie alle bei der Prüfung von Zement gebrauchten Apparate vom Chemischen Laboratorium für Tonindustrie, Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer, G. m. b. H., Berlin N.W. 21, Dreysestr. 4, bezogen werden können. Bild 335 stellt einen solchen Siebsatz dar. Dort, wo eine regelmäßige Ueberwachung der Siebfeinheit stattfinden soll, verwendet man ein quadratisches Sieb, dessen Handhaben ein Klopfen zulassen, wie aus Bild 336 ersichtlich ist. Durch Hin- und Herbewegung der Handhaben ist in kurzer Zeit das Sieben beendigt.

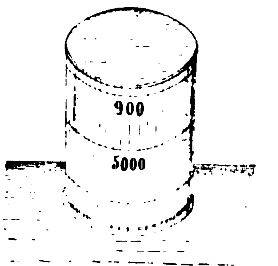


Bild 335. Siebsatz.


Bild 336. Klopfsieb.

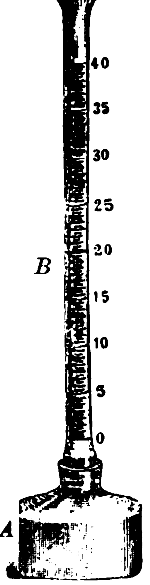


Bild 337. Schumann-Volumenometer.

Farbe und Gewicht. Guter, zuverlässiger Portlandzement soll eine grünlich-graue Farbe haben und sich zwischen den Fingern scharf anfühlen. Auffallend gelbliche oder rötlich schimmernde Portlandzemente enthalten oft einen Teil ungar gebrannten Zementes. Ungarer Portlandzement zeigt meistens ein niedriges spezifisches Gewicht. Das spezifische Gewicht bestimmt man mit dem Schumann-Volumenometer (Bild 337). Zur Bestimmung des Litergewichtes bedient man sich des in Bild 338 dargestellten Apparates. Guter Portlandzement soll in geglühtem Zustande ein spezifisches Gewicht von 3,12 bis 3,25 zeigen und das Litergewicht schwankt zwischen 1600 bis 1800 g.

Um einheitliche, miteinander vergleichbare Werte zu erhalten, haben sich die prüfenden Techniker geeinigt, einen besonderen Apparat nach Bild 338 unter Einhaltung bestimmter Vorschriften bei der Benutzung zu verwenden.

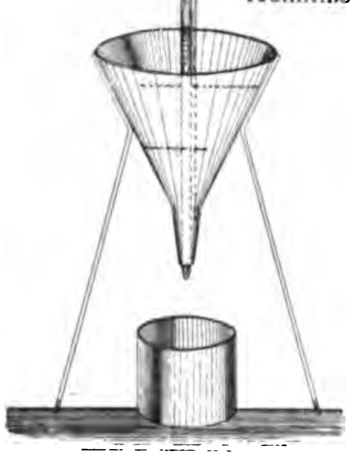


Bild 338. Einfüllapparat zum Bestimmen des Litergewichts

**Abbinden, Bindezeit und Erhärten.** Von größter Wichtigkeit für den Betonfachmann ist die Kenntnis des Verhaltens beim Abbinden und die Feststellung der Bindezeit des Portlandzementes. Da die Bindezeit sehr wesentlich von dem Wasserzusatz, der Temperatur des Wassers und der jeweiligen Lufttemperatur abhängig ist, so ist es bei genauen Ermittelungen erforderlich, diese Umstände gebührend zu berücksichtigen. Für den Praktiker genügt es indessen, die ungefähre Bindezeit zu ermitteln und festzustellen, und zu untersuchen, ob man es mit schnellbindendem oder langsambindendem Zement zu tun hat, wobei der Zement genügende Erhärtungsfähigkeit besitzen muß. Wie bereits auseinandergesetzt wurde, ist für alle Betonarbeiten mit wenigen Ausnahmen langsambindender Portlandzement vorzuziehen, weil erfahrungsgemäß langsambindender Portlandzement größere Nacherhärtung zeigt als schnellbindender.

Um die Bindezeit festzustellen, rührt man, am besten in einem emaillierten Topf mit glattem Boden nach Bild 239 eine Probe des Portlandzementes mit soviel Wasser unter Zuhilfenahme eines Messers von etwa 15 cm Klingenlänge bei 3 cm Breite an, bis ein gleichmäßig dicker Brei entsteht, der beim Ausgießen auf eine reine Glasplatte nach den Rändern zu dünn ausläuft, sodaß man einen in der Mitte etwa $1^1/_2$ bis 2 cm starken Kuchen erhält. Ein solcher Kuchen wird dann an einem ruhigen, gegen Luftzug und Sonne geschützten Orte sich selbst überlassen. Man beobachtet, wann das Abbinden eintritt und der Kuchen fest zu werden beginnt. Der Kuchen gilt als abgebunden, wenn er einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht. Zur genaueren Feststellung der Bindezeit schreiben die Normen den Gebrauch einer Nadel von bestimmter Abmessung vor. Portlandzemente, die in weniger als 2 Stunden abbinden, nennt man Schnellbinder. Für Betonzwecke sind



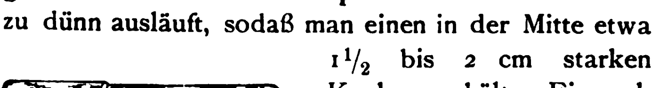


Bild 239. Topf und Messer zum Anrühren des Zements.

in der Regel Bindezeiten von 7 bis 10 Stunden erwünscht. Die Bindezeit der im Handel vorkommenden Portlandzemente ist sehr verschieden und sie wird außer von den vorhin schon genannten Umständen sehr von der Zusammensetzung und dem Kalkgehalt des zur Herstellung des Zementes verwendeten Rohmehles beeinflußt. Zemente aus tonreichem Rohmehl geben schnellbindende, kalkreiches Rohmehl gibt langsambindende Zemente. Die Portlandzementfabriken sind in der Lage, Portlandzemente von jeder beliebigen Bindezeit herzustellen, und man wird aus diesem Grunde gut tun, bei der Bestellung die gewünschte ungefähre Bindezeit vorzuschreiben.

Dem Abbinden folgt das Erhärten, wobei der Zement Untugenden zeigen kann. Beim Erhärtungsvorgang sind verschiedene Umstände, insbesondere der Wassergehalt und die Temperatur der Luft von großem Einfluß. Zur Gewinnung eines richtigen Bildes ist es daher notwendig, die Bedingungen zu erfüllen, unter welchen der Beton im Bauwerk erhärtet. Beim Fehlen von Feuchtigkeit treten Unregelmäßigkeiten auf, und es ist deshalb notwendig, die gleichen Kuchen, die man sich zur Feststellung der Bindezeit angefertigt hat, in feuchter Luft oder unter Wasser aufzubewahren, und durch Beobachten die Zunahme der Erhärtung festzustellen, indem man die erhärteten Kuchen mit der Hand zu zerbrechen versucht.

Festigkeit. Die Festigkeit des Portlandzementes hängt nicht allein von seiner Güte ab, sondern auch von der Behandlungsweise beim Anmachen, von der zum Anrühren verwendeten Wassermenge und vor allem von der Gründlichkeit, mit welcher die Durcharbeitung des Mörtels erfolgt. Da der Portlandzement selten oder nie in reinem Zustande verwendet wird, sondern fast immer mit Sand, Kies oder Schotter verarbeitet wird, so ist die Prüfung an Hand der zur Verfügung stehenden Füllstoffe besonders wichtig, und von der Genauigkeit und Sorgfalt bei der Ausführung solcher Proben hängt die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Vergleichswerte ab. Nur auf

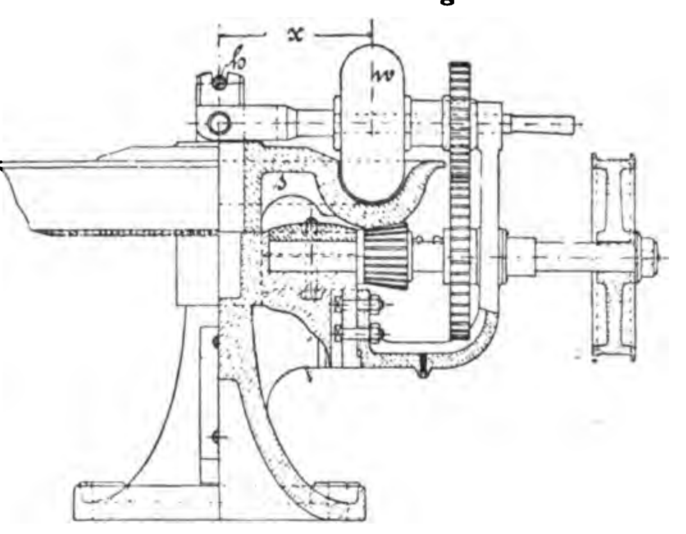


Bild 340. Mörtelmischmaschine.

Grund solcher Zahlen kann man aber ein richtiges Bild über die jeweilig anzuwendenden Mischungsverhältnisse erhalten. Diejenigen Bauleute, welche die Ausführung solcher Proben für überflüssig halten, werden in seltenen Fällen das wirtschaftlichste Mischungsverhältnis treffen. An anderer Stelle wurde bereits ausgeführt, daß es unwirtschaftlich ist, zu fette Mischungen zu verwenden, es wird vielmehr für jeden denkenden Betonfachmann das Bestreben sein, die geforderte Festigkeit mit dem geringsten Zementzusatz zu erreichen, wobei natürlich nicht soweit gegangen werden darf, daß die Sicherheit der Bauwerke gefährdet wird.

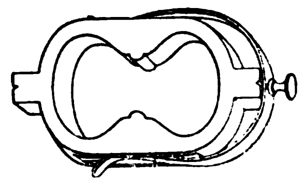


Bild 841. Form zum Einschlagen der Zugprobekörper.

Die Prüfung des reinen Zementes hat dabei wenig Wert und es ist für den nicht mit solchen Arbeiten gründlich Vertrauten sehr schwer, die einzelnen Portlandzemente richtig zu bewerten, weil hierbei eine große Reihe von besonderen Umständen berücksichtigt werden muß. Um die Verkittungsfähigkeit eines Portlandzementes festzustellen, auf die es beim Betonbau in erster Linie ankommt, benutzt man einen bestimmten Sand, den sogenannten Normensand, welcher unter Beobachtung ein für allemal festgelegter Vorschriften in Freienwalde a. O. gewonnen wird. Der Verein Deutscher Portlandzementfabrikanten, welchem die deutsche Portlandzementindustrie in erster Linie ihren Aufschwung zu danken hat, läßt diesen Normensand in bestimmter Korngröße unter Oberaufsicht des Königlichen Materialprüfungsamtes in Groß-Lichterfelde in einer eigens dazu erbauten Anstalt herrichten. Dieser Sand wird dadurch hergestellt, daß der vorhandene Rohsand, ein äußerst reiner Quarzsand von kantigem Gefüge, durch ein Sieb von

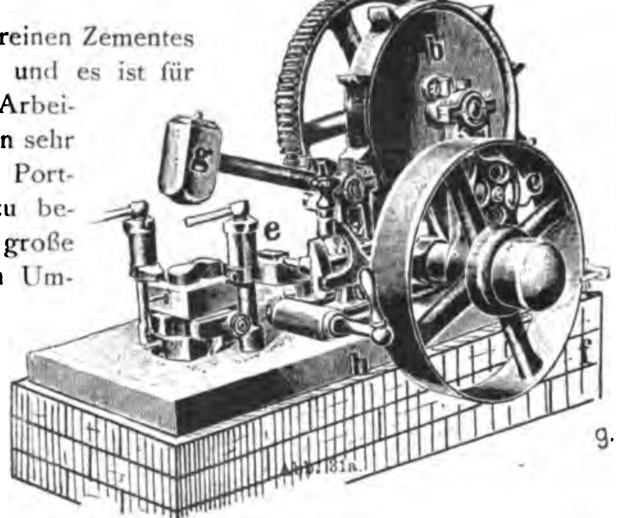



Bild 842. Hammerapparat.

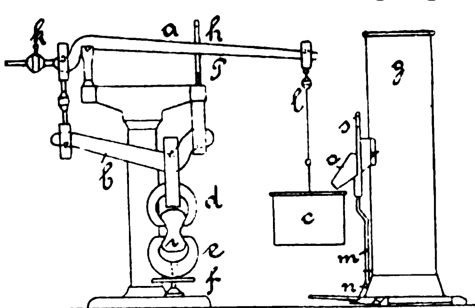



Bild 843. Zugfestigkeits-Apparat.

64 Maschen/qcm und durch ein zweites Sieb von 120 Maschen/qcm auf besonderen Siebmaschinen nach ganz bestimmten Vorschriften abgesiebt wird, wobei das zwischen den beiden Sieben verbleibende als Normensand benutzt wird. Der alleinige Vertrieb dieses für die Prüfung des Portlandzementes so wichtigen Stoffes ist dem Chemischen Laboratorium von Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer G. m. b. H. in Berlin, Dreysestr. 4 übertragen.

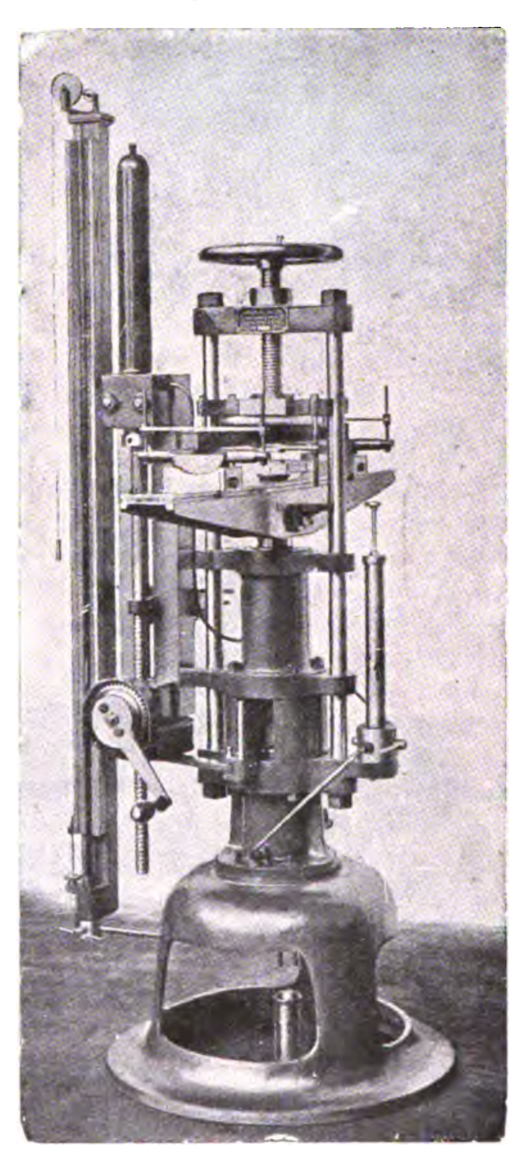


Bild 344. Apparat zur Prüfung auf Druckfestigkeit.

Die Normen schreiben vor, daß Portlandzement im Mischungsverhältnis von 1 Gewichtsteil Portlandzement zu 3 Gewichtsteilen Normensand unter Zusatz des nötigen Wassers nach 28 Tagen Erhärtung (1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser) eine Mindestzugfestigkeit von 16 kg-qcm haben muß und eine Mindest-Druckfestigkeit von 160 kg-qcm. Hierbei ist zu beachten, daß bei der Herstellung der Zug- und Druckproben ganz bestimmte Vorschriften innegehalten werden müssen, und insbesondere die Form der Probekörper genau vorgeschrieben ist. Da die Erfüllung dieser Vorschriften naturgemäß eine große Handfertigkeit erfordert, so ist es in der Regel für den Betonfachmann zu empfehlen, diese Proben lieber in einem Laboratorium, z. B. dem Chemischen Laboratorium für Tonindustrie, Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer G. m. b. H, Berlin NW. 21, Dreysestr. 4, vornehmen zu lassen. Nur ganz große Betongeschäfte, bei welchen es sich um die Verarbeitung von großen Mengen Portlandzement handelt, werden mit Vorteil zur Vornahme dieser Prüfungen sich ein eigenes Laboratorium, welches mit den vorgeschriebenen Apparaten ausgestattet ist, einrichten können, wobei immer noch die Bedingung zu stellen ist, daß ein mit solchen Arbeiten genügend vertrauter Fachmann vorhanden

ist. Um jedoch an dieser Stelle eine Uebersicht zu geben, welche Apparate hierfür in Betracht kommen, so sei darauf hingewiesen, daß zunächst die Mörtelmischung auf einer besonderen Mörtelmischmaschine (siehe Bild 340 auf Seite 355) zunächst trocken und dann unter Zusatz von einer bestimmten Menge Wasser, die nach Vorschrift zugefügt werden muß, gemischt wird, wonach die erhaltene Mörtelmasse in die zum Hammerapparat gehörige Form eingefüllt und unter Benutzung dieses in Bild 342 dargestellten Apparates mit je 150 Schlägen des 2 kg schweren Hammers eingeschlagen wird. Die Proben werden dann 1 Tag an der Luft und 27 Tage in einem mit Wasser gefüllten und bedeckten Blechkasten aufbewahrt, worauf die Prüfung auf Zugfestigkeit mittelst des in Bild 343 dargestellten Zugfestigkeitsapparates erfolgt. Zur Prüfung auf Druckfestigkeit werden Probewürfel mit Hilfe des Hammerapparats eingeschlagen und ebenfalls nach 28 Tagen auf der in Bild 344 dargestellten Druckpresse zerdrückt.

Die Prüfung auf Zugfestigkeit hat sich wegen ihrer bequemeren Ausführung bei der praktischen Prüfung mehr eingebürgert, als die Prüfung auf Druckfestigkeit, trotzdem nicht verkannt werden kann, daß die Prüfung auf Druckfestigkeit für den Betonbauer größere Wichtigkeit besitzt, als die Prüfungen auf Zugfestigkeit.



Bild 345. Presse zur Prüfung auf Druckfestigkeit.

Um ein sicheres Urteil über die Festigkeit der mit den zu Gebote stehenden Zuschlagsstoffen zu erreichenden Festigkeiten zu erhalten, ist es natürlich erforderlich, an Stelle des Normensandes die zur Verfügung stehenden Füllstoffe zu verwenden und in dem gewählten Mischungsverhältnis zu prüfen. Hierbei ist es dann zweckmäßiger, größere Probekörper herzustellen und die Prüfung auf Druckfestigkeit vorzunehmen. Man ist darüber übereingekommen, für solche Betonprüfungen Würfel von 30 cm Kantenlänge zur Prüfung auf Druckfestigkeit zu verwenden. Zum Zerdrücken der erhärteten Würfel ist eine besondere Presse im Gebrauch, die in Bild 345 dargestellt ist, welche mittelst hydraulischen Druckes arbeitet. Das Einschlagen der Würfel muß dabei nach bestimmten Vorschriften erfolgen. Die Form zur Herstellung ist in Bild 346 dargestellt. Die erhaltenen Würfel werden einen Tag an der Luft und 27 Tage unter erdfeuchtem

Sand aufbewahrt, bevor sie unter der Druckpresse auf ihre Festigkeit geprüft werden.

Wie schon oben gesagt wurde, sind nur große Betonbaugeschäfte oder Behörden in der Lage, diese Prüfungen selbst vorzunehmen und es ist deswegen nicht notwendig, die dabei zu beobachtenden Einzelheiten hier näher zu beschreiben, da dies weit über den Rahmen des vorliegenden Werkes hinausgehen würde. Wer sich darüber genauer unterrichten will, verschaffe sich das im Verlage der Tonindustrie-Zeitung erschienene Buch „Apparate und Geräte zur Prüfung von Portlandzement", auf welches schon mehrfach hingewiesen wurde.

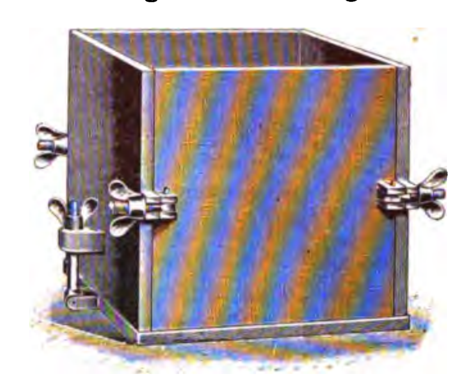


Bild 846. Würfelform.

Raumbeständigkeit. Die Prüfung auf Raumbeständigkeit ist dagegen von jedem Betonfachmanne auszuführen, und diese Probe darf unter keinen Umständen unterlassen werden, wenn irgend welche Zweifel über die Güte des zu verwendenden Portlandzements obwalten. Man bedient sich zu diesem Zweck der gleichen Kuchen, deren Herstellung auf S. 354 genauer beschrieben wurde. Man läßt diese Kuchen auf den Glasplatten 24 Stunden nach erfolgtem Abbinden, gegen Zugluft und Sonnenschein geschützt, liegen, wobei man gut tut, um eine Verdunstung des Wassers zu verhindern, die Kuchen mit einem großen Uhrglas zu bedecken, oder sie in einem mit einem Deckel versehenen, dicht schließenden Kasten aus Zinkblech aufzubewahren. Um einen gleichmäßigen Feuchtigkeitsgehalt der Luft in dem Kasten zu erzielen, ist der Deckel des Kastens auf der dem Inneren zugewendeten Seite mit Filz verkleidet, welcher mit Wasser gesättigt gehalten wird, nachdem man die Kuchen in den Kasten eingebracht hat. Nach 24 Stunden bringt man die Proben mit den Glasplatten in einen mit Wasser gefüllten Zinkkasten und überläßt sie dort 27 Tage völlig unter Wasser sich selbst. Es dürfen sich während dieser Zeit an den Kuchen keinerlei Veränderungen zeigen, ebenso wenig dürfen Risse entstehen. Manche Zemente lösen sich bei längerem Lagern von den Glasplatten los, was jedoch nichts zu bedeuten hat, wenn dabei die Unterfläche der Kuchen gerade geblieben ist. Der Rand muß ebenfalls durchaus scharf bleiben und darf keinerlei Abbröckelungen aufweisen.

Zeigen sich nach Ablauf dieser Zeit Risse, so ist zu untersuchen, ob es Treibrisse oder sogenannte Schwindrisse sind. Bei außergewöhnlich fein gemahlenem Portlandzement stellen sich mitunter auf der Oberfläche feine Haarrisse ein, die man häufig nur unter Zuhilfenahme der Lupe sehen kann. Das Entstehen dieser Haarrisse ist darauf zurück-

zuführen, daß entweder beim Anrühren zu wenig Wasser genommen wurde, oder ein Teil des Wassers beim Abbinden verdunstet ist, weil der Filzdeckel nicht wassergesättigt war. Diese Risse haben keinen nachteiligen Einfluß. Im Gegensatz hierzu stehen die Treibrisse, die fast immer an den scharfen Kanten der Kuchen beginnen, sich von dort nach und nach erweitern und nach der Mitte zu fortschreiten, wobei gleichzeitig gewöhnlich eine Krümmung der Unterfläche des Kuchens nach einer oder der anderen Richtung hin erfolgt.

Die empfehlenswerte Probe für Raumbeständigket eines Portlandzementes besteht in der Dr. Heintzel'schen Kugelprobe, welche den Vorteil hat, daß sie leicht auch von ungeübten Händen ausgeführt werden kann. Hierbei formt man aus dem reinen Zement eine etwa apfelgroße Kugel zwischen den Händen, wobei der Wasserzusatz auf das allergeringste Maß zu beschränken ist, sodaß die Zementmasse nur soviel Wasser besitzt, als es etwa bei frischer Gartenerde der Fall ist. Man formt die Kugel so fest wie möglich, d. h. man drückt sie zwischen den Hohlräumen der Hände unter beständigem Rollen so fest wie möglich zusammen, legt sie dann eine Minute hindurch auf ein untergelegtes Fließpapier, sodaß das überschüssige Wasser von dem Fließpapier aufgesaugt wird, wobei man das Fließpapier auf eine Gipsplatte legt, damit ein schnelles Absaugen des Wassers erfolgt. Dann legt man die Kugel auf ein Blech, welches man durch eine untergestellte Spiritusflamme oder durch einen Bunsenbrenner zunächst mäßig, dann aber stark erhitzt. Man läßt die Kugel unberührt etwa 3 Stunden liegen, wenn sie dann keine oder nur ganz unbedeutende feine Risse zeigt, ist der Zement raumbeständig. Zemente, welche auch nur schwache Treibneigung besitzen, zeigen nach dieser Zeit klaffende Risse.

Frisch hergestellter Portlandzement zeigt öfter leichte Treiberscheinungen, die nicht mehr auftreten, wenn der Zement 10 — 14 Tage gelagert hat. Um zu einem sicheren Urteil über die Raumbeständigkeit eines Zementes zu gelangen, hat sich der Brauch herausgebildet, den zum Anrühren der Kuchen zu verwendenden Portlandzement vorher in dünner Schicht auf ein Blatt Papier 1 oder 2 Tage lang in freier Luft auszubreiten, hierbei treten die Veränderungen ein, welche sich beim Lagern in der Fabrik vollziehen.

Tritt das Treiben stark auf, so kann es soweit führen, daß der abgebundene Kuchen durch massenhaftes Entstehen von Treibrissen vollständig zerklüftet wird, und der ganze Kuchen in Pulver zerfällt. Solcher Zement ist natürlicherweise für jeden Verwendungszweck unbrauchbar.

Die deutsche Portlandzementindustrie ist jedoch, dank der Arbeiten des Vereins Deutscher Portlandzementfabrikanten und des Deutschen Betonvereins, soweit fortgeschritten, daß ein solches Treiben bei Handelsware aus deutschen Fabriken, welche den Vereinen angehören, nicht eintritt. Besondere Vorsicht ist bei Verwendung ausländischer Portland-

zemente geboten, weil im Ausland bei weitem nicht die strengen Vorschriften bei der Herstellung von Portlandzement gelten, als dies im Deutschen Reiche der Fall ist. Mit besonderem Mißtrauen sind Zemente belgischer Herkunft zu betrachten, weil von Belgien aus Zemente unter dem Namen Portlandzement in den Handel gebracht werden, welche diesen Namen häufig garnicht verdienen, da sie nicht bis zur Sinterung gebrannt worden sind. Verfasser hat eine ganze Reihe belgischer Portlandzemente zu prüfen Gelegenheit gehabt, und darunter waren nur sehr wenige, welche den Normen in jeder Beziehung entsprachen. Es kann an dieser Stelle nicht dringend genug darauf hingewiesen werden, ausländische Zemente nur mit großer Vorsicht zu verwenden.

Verhalten gegen Hitze und Kälte. Beton ist, im allgemeinen gesprochen, unempfindlich gegen Hitze und Kälte, wenn er regelrecht abgebunden und erhärtet ist. Hierauf beruht in erster Linie die Feuersicherheit des Betons, auf welche schon an anderer Stelle dieses Buches mehrfach hingewiesen wurde, wobei Beispiele aus der Praxis angeführt waren (vergl. auf Seite 319 die Bilder 267 und 268). Natürlich ist es nicht gleichgiltig für den Feuersicherheitsgrad, welche Zuschlagsstoffe zu dem Beton verwendet wurden. Es ist eigentlich selbstverständlich, daß bei der Frage der Feuersicherheit nur solche Zuschlagsstoffe in Betracht kommen können, welche an und für sich feuersicher sind. Kalksteinschotter z. B. würde kaum die Probe der Feuerbeständigkeit bestehen, da durch die Einwirkung des Feuers die Kohlensäure aus dem Kalkstein ausgetrieben wird und Aetzkalk entsteht, wobei Zerstörung des Betons unausbleiblich ist. Eine allgemein eingeführte Prüfungsweise auf Verhalten gegen Hitze und Kälte gibt es nicht. Man begnügt sich mit der Tatsache, daß diese Eigenschaften meist vorhanden sind.

Wenn die Wirkung des Frostes auf die Druckfestigkeit des Betons ermittelt werden soll, so empfiehlt es sich, Druckwürfel im wassergesättigten Zustande einem 1—25 maligen Gefrieren auszusetzen. Für die Ausführung der Versuche empfiehlt sich der Belelubsky'sche Frostkasten nach Bild 347. Derselbe besteht aus einem hölzernen, außen mit Filz bekleideten Kasten Nr. 1, in welchem noch zwei, ineinander gestellte Kasten Nr. 2 und Nr. 3 gestellt werden; der mittlere Kasten Nr. 2 ist auch aus Holz und von innen mit Eisenblech bekleidet, der innere Nr. 3 dagegen aus Zinkblech. Die einzelnen Kästen werden in solchen Abmessungen angefertigt, daß zwischen den entsprechenden Wänden und Böden derselben ein Zwischenraum von 10—13 cm entsteht, der zwischen den Kasten Nr. 1 und Nr. 2 mit Sägespänen, zwischen den Kasten Nr. 2 und Nr. 3 dagegen mit einer Kältemischung angefüllt wird; letztere besteht aus 3 Gewichtsteilen fein zerkleinerten Eises und 1 Gewichtsteil Kochsalz.

An dem Kasten Nr. 2, der so hoch gemacht wird, daß die Ober-

kante seiner Wände etwa 10 cm über derjenigen des Kastens Nr. 3 liegt, wird ein Kasten Nr. 4 so aufgehängt, daß sein Boden den Kasten Nr. 3 überdeckt; der Kasten Nr. 4 besteht aus Zinkblech und wird, nachdem er gleichfalls mit der Kältemischung angefüllt worden ist, mit einer Eisenblechtafel zugedeckt.

Die der Frostprobe zu unterwerfenden Probekörper werden vorher bei einer Temperatur bis zu 30° C. getrocknet, gezeichnet und gewogen und hierauf ins Wasser gelegt, in welchem sie dann bis zur völligen Sättigung verbleiben. Sind die Probekörper gesättigt, so werden sie dem Froste ausgesetzt.

Nach jedesmaligem Gefrieren der Probekörper werden sie sorgfältig untersucht, ob sich nicht Risse, Abblätterungen u. s. w. gebildet haben. Das Gefrieren ist so oft zu wiederholen, bis sich eine Einwirkung

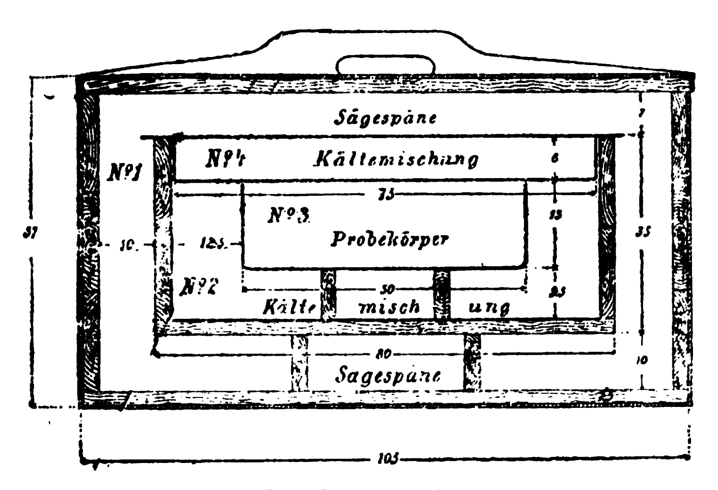



Bild 347. Frostkasten nach Belelubsky.

des Frostes zeigt, in jedem Falle ist aber eine im Höchstfalle 25 malige Wiederholung als Probe für die Frostbeständigkeit als genügend anzusehen. Proben, welche nicht frostbeständig sind, können schon nach einer viel geringeren Anzahl von Wiederholungen (nach 5—10 Mal) die Wirkung des Frostes zeigen.

Eine Temperatur von —10 bis – 15° C., wie sie aus Eis und Kochsalz, nach dem oben erwähnten Verhältnisse gemischt, erreicht werden kann, wird für die Prüfung des Betons auf Frostbeständigkeit als genügend angesehen.

Zur Bestimmung der niedrigsten Temperatur, welche die Kältemischung erzeugt hat, ist in den Kasten Nr. 3, gleichzeitig mit den Probekörpern, ein Minimalthermometer einzulegen. Nach Beendigung der Frostprobe können die Probekörper auf Druck geprüft werden, zum Zwecke des Vergleiches mit der Druckfestigkeit derselben in trockenem Zustande.

Im Königl. Materialprüfungs-Amt in Groß-Lichterfelde wird die Hälfte der Proben im wassersatten Zustande kalter Luft, die andere Hälfte im Wasser den Einwirkungen des Frostes ausgesesetzt. Bei ersterem Verfahren zeigen sich die Unterschiede zwischen der Druckfestigkeit der lufttrockenen und der ausgefrorenen Proben am deutlichsten.

Zusätze und betrügerische Beimengungen. Ueber die Zusätze, welche man dem Zement und Beton außer den eigentlichen Zuschlagstoffen beifügt, ist schon das Nötige gesagt worden. Es wurde der Gips erwähnt, welcher zur Regelung der Bindezeit schon in der Fabrik dem Portlandzement bis zur Höhe von 2 v. H. seines Gewichtes beigefügt wird, ferner der Kalk- und Traßzusatz, welcher von dem Verarbeiter zwecks Verbilligerung und besserer Verarbeitung des Portlandzementes in gewissen Fällen angewendet wird, sowie die Farbstoffe abgehandelt, welche für die Zumischung von Portlandzement in Betracht kommen.

Außer diesen Zusätzen gibt es aber auch noch eine Reihe Verfälschungsstoffe, welche besonders im Auslande und in gewinnsüchtiger Absicht dem Portlandzement beigefügt werden. Als solcher ist vor allem die fein gepulverte Hochofenschlacke zu nennen, welche häufig nicht einmal hydraulische Eigenschaften besitzt, sondern lediglich als Füllstoff wirkt. Die gleiche Rolle spielt fein gemahlener Sand, Kalkstein, Tonschiefer, Basalt, Asche und ähnliche Stoffe. Alle die Stoffe vermindern die Festigkeit und vor allem die Ausgiebigkeit des Portlandzementes, und es ist deshalb in den deutschen Normen mit Recht der Zusatz aller Stoffe mit Ausnahme des Gipses streng verboten. Man kann beim Einkaufen von Zement durchaus sicher sein, daß solche Stoffe im Portlandzement der dem Verein deutscher Portlandzementfabrikanten angehörigen Werke nicht vorhanden sind, da alle Mitglieder dieses Vereins sich gegen Erhebung einer außerordentlich hohen Geldstrafe verpflichtet haben, nur reinen, normengemäßen Portlandzement in den Handel zu bringen. Demgemäß hat auch der Minister folgerichtig verfügt, daß sogenannter Eisenportlandzement, welcher bis zu 30 v. H. fein gepulverte granulierte Hochofenschlacke enthält, nicht als normengemäßer Portlandzement zu betrachten ist, insbesondere darf Eisenportlandzement nicht zur Herstellung von Beton- und Eisenbetondecken verwendet werden, wenn Portlandzement in den Baubedingungen verlangt wurde. Diese Bestimmung ist leider noch viel zu wenig bei den Baufachleuten bekannt und es ist deshalb an dieser Stelle angebracht, darauf nachdrücklich hinzuweisen. Auf die Rolle, welche bei diesen Verfälschungen vorzugsweise die belgischen Zemente spielen, ist schon auf Seite 361 hingewiesen worden.

# Merksätze für den Betonbau.

## a) Allgemeines.

Beachte, daß der Betonbau nicht zu denjenigen Arbeiten gehört, die von jedermann ohne besondere Vorbildung oder Sachkenntnis ausgeführt werden können.

Verwende daher nur geschulte Arbeiter, und richte es nach Möglickeit so ein, daß jeder einzelne mit allen beim Betonbau vorkommenden Arbeiten im Notfalle betraut werden kann.

Vergiß nicht, daß dein Vorarbeiter in die Lage kommen kann, sein eigener Schmied, Schlosser oder Zimmermann sein zu müssen.

Bilde dir in genügender Anzahl zuverlässige Leute heran, welche nicht nur mit den reinen Betonarbeiten, wie Mischen und Einstampfen, umzugehen wissen, sondern welche auch mit der Herstellung von Schalungen und Formen und mit dem Herrichten von Eiseneinlagen vertraut sind.

Mache dich dadurch von den Handwerkern des Arbeitsortes unabhängig, wenn du auswärtige Arbeiten übernimmst.

Bedenke, daß auch nicht jeder Dorfzimmermann ohne weiteres richtige Stampfformen oder Verschalungen bauen kann, weil ihm im allgemeinen die Gelegenheit fehlen wird, die dazu nötige Erfahrung zu sammeln. Dasselbe gilt beim Eisenbetonbau von den Schlosser- und Schmiedearbeiten.

Setze über jede Arbeit einen zuverlässigen Vorarbeiter, den du ganz genau über die Ausführung des Baues unterrichtest.

Gib ihm leicht verständliche Pläne in die Hand, in welche nichts eingezeichnet ist, was er nicht unbedingt zur Ausführung der Arbeit wissen muß, in die aber genau die Maße eingetragen sind, die sich auf den Aufbau der Schalung beziehen.

Gib ihm für jeden Teil des Bauwerkes genau das gewünschte Mischungsverhältnis an.

Mache ihn für die Einhaltung des richtigen Mischungsverhältnisses, wobei auch der richtige Wasserzusatz zu beachten ist, verantwortlich.

Unterrichte ihn von den Anforderungen, welche an Kies und Sand in Bezug auf Korngröße, Reinheit usw. gestellt werden, damit er jederzeit in der Lage ist, die Anfuhr dieser Stoffe zu überwachen und den Lieferungsbedingungen nicht Entsprechendes zurückzuweisen.

Belehre ihn bei jeder sich darbietenden Gelegenheit in einer ihm leicht verständlichen Weise über die Eigenschaften des Zementes, die Einwirkung fehlerhafter Beschaffenheit der Rohstoffe auf die Güte des Betons, die Wichtigkeit guter Mischung und sorgfältigen Einstampfens und gib dir überhaupt Mühe, ihn so heranzubilden, daß er mit Verständnis seine Arbeiten verrichtet.

Ueberzeuge dich vor der Uebernahme einer Betonarbeit, ob alle diejenigen Voraussetzungen gegeben sind, welche das Gelingen sichern.

Prüfe vor allen Dingen die Boden- und Grundwasserverhältnisse und überzeuge dich rechtzeitig davon, ob brauchbarer Kies und Sand so nahe an der Baustätte vorhanden sind, daß du nicht Gefahr läufst, den aus der Arbeit zu erwartenden Gewinn für Anfuhrkosten ausgeben zu müssen.

Erkundige dich, für den Fall, daß die auszuführende Arbeit von deinem Wohnsitze zu weit entfernt ist, ob zur Erledigung der Erdarbeiten genügende Arbeitskräfte an Ort und Stelle zu bekommen sind, weil es in deinem Interesse liegt, in einem solchen Falle nur diejenigen Arbeiter von zu Hause mitzubringen, die für die eigentliche Betonarbeit in Frage kommen.

Vergiß nicht, dafür Sorge zu tragen, daß deine Arbeiter ein entsprechendes Unterkommen in möglichster Nähe der Baustätte finden.

Gib den Leuten einen mit allem zur ersten Hilfeleistung bei Unglücksfällen Nötigen ausgestatteten Verbandskasten mit, dessen Inhalt um so reichlicher sein muß, je weiter die Arbeitsstätte von dem Wohnsitze des nächsten Arztes entfernt ist.

Siehe dich während der Arbeitsausführung so oft nach deinen Leuten um, als es dir die Entfernung deines Wohnsitzes und deine anderen Geschäfte erlauben.

Komme wenn irgend möglich unangemeldet und immer an anderen Wochentagen.

Beantworte die während des Baues von dem Bauleiter einlaufenden Anfragen möglichst sofort, erschöpfend und leicht verständlich.

Bedenke, daß eine, wenn auch noch so anspruchslose Zeichnung das Verständnis deiner Beantwortungen wesentlich erleichtert.

Schärfe dem Bauleiter ein, daß er dich von allen außergewöhnlichen Vorfällen, z. B. Hochfluten, Nachgeben des Stampfgerüstes, auffallenden Erscheinungen in dem erhärtenden Beton, die auf mangelhaften Zement schließen lassen, usw. umgehend benachrichtigt.

Gewöhne deine Leute daran, von ihnen begangene Fehler nicht zu verheimlichen und zu vertuschen, sondern sie so weit wie irgend möglich ist, wieder gut zu machen.

Gib ihnen zu bedenken, daß derartige Verheimlichungen von Senkungen,

Rißbildungen, undichten Stellen usw. von äußerst gefährlichen Folgen sein können.

Erwecke durch derartige wiederholte Vorstellungen in allen deinen Arbeitern ein gewisses Verantwortlichkeitsgefühl.

Bedenke aber auch für dich selbst, daß du durch Vernachlässigung deiner Pflichten nicht nur deinen guten Ruf und die Gesundheit und das Leben deiner Mitmenschen aufs Spiel setzst, sondern auch dadurch die gesamte Betonindustrie in Mitleidenschaft ziehst.

Wage dich nicht an Arbeiten heran, denen du nicht gewachsen bist, schrecke aber auch nicht vor allen Schwierigkeiten zurück. Ruhige Ueberlegung wird dir bald klarmachen, ob und wie du der Schwierigkeiten Herr werden kannst.

## Wo ist Betonbau anzuwenden?

Beantworte diese Frage dahin, daß der Beton in allen Fällen an Stelle eines wie immer gearteten Mauerwerkes treten kann.

Weise bei jeder Gelegenheit darauf hin, daß der Beton der schmiegsamste und anpassungsfähigste aller Baustoffe ist.

Bemühe dich, dahin aufklärend zu wirken, daß die dem Beton nachgesagten Nachteile nur auf unsachgemäße Ausführungen zurückzuführen sind. Bei sachgemäßer Ausführung sind alle Nachteile zu beseitigen.

Trachte vor allem auch danach, daß du durch Anwendung sorgfältig ausgeführter Schalungen und ausschlagfreien Zementes für das Auge angenehme Schauflächen des Bauwerks erzielst.

Bemühe dich, den Leuten zu beweisen, daß man mit dem Beton auch architektonisch wirkungsvolle Bauten ausführen kann.

Versuche dich in der Nachahmung aller natürlichen Bausteine, die unter Anwendung des entsprechenden Kieses und Sandes auch immer gelingen wird.

Mache deine Auftraggeber auf die unbedingte Feuersicherheit der Betonbauten aufmerksam.

Vergiß nicht, sie dahin aufzuklären, daß das Eisen an und für sich kein feuerbeständiger Baustoff ist, da es bei großer Hitze Formveränderungen erleidet, vor welchen es am besten durch Einhüllung mit Beton, der ein schlechter Wärmeleiter ist, bewahrt wird.

Führe außerdem die Schnelligkeit der Ausführungen, die große Standfestigkeit der wie aus einem Gusse hergestellten Betonbauten, die Kühle derselben im Sommer, die Wärme im Winter und ihre große Tragfähigkeit als weitere wichtige Vorteile des Betonbaues ins Feld.

Besinne dich auf immer neue Anwendungsarten des Beton, um dem Betonbau immer weitere Kreise zuzuführen.

## b) Rohstoffe.

Wähle die Rohstoffe für die Herstellung von Beton mit äußerster Sorgfalt aus, denn von ihrer Güte hängt zum großen Teil das Gelingen deiner Arbeit ab.

Stelle dich nicht auf den Standpunkt, daß das Billigste auch das Wirtschaftlichste ist.

Glaube auch nicht, Ersparnisse machen zu können, indem du deine Mischung magerer machst, als dies für den in Frage kommenden Zweck allgemein gebräuchlich ist.

Verlasse dich auch nicht darauf, daß etwaige Mängel deiner Rohstoffe innerhalb der Betonmasse deshalb nicht zur Wirkung kommen, weil der betreffende Stoff nur einen Teil der Betonmischung ausmacht.

Bedenke, daß z. B. ein treibender Zement diese schlimme Eigenschaft nicht verliert, weil er, mit viel Sand und Kies gemischt, zur Anwendung kommt, wenn man auch die zerstörende Wirkung des Treibens weniger rasch zu Gesicht bekommt, als wenn man es mit einem Körper aus reinem Zement zu tun hätte.

### Der Zement.

Beachte, daß der Zement derjenige Stoff ist, der Kies und Sand zusammenhält. Er bedingt in erster Linie die Güte des Betons.

Kaufe nur von solchen Fabriken Zement, welche für eine gleichmäßige und gute Ware Gewähr leisten; Portlandzement kaufe nur von solchen Werken, die dem Verein deutscher Portlandzement-Fabrikanten angehören, weil diese Werke sich gegenseitig zur Lieferung guter Ware verpflichtet haben und die Handelsware einer scharfen Ueberwachung durch den Verein untersteht.

Richte bei der Wahl des Zementes dein Augenmerk auf folgende wichtigen Punkte:

Der Zement soll an Festigkeit stetig zunehmen und keinen Stillstand, noch weniger aber einen Rückgang in dieser Festigkeitszunahme aufweisen.

Er soll ferner raumbeständig sein, d. h. seine kleinsten Teile sollen sich während des Erhärtungsvorganges nicht so weit ausdehnen, daß eine Lockerung des Mörtelgefüges eintritt.

Bedenke aber, daß jeder Zement sich beim Erhärten unter Wasser oder in feuchter Erde mäßig ausdehnt. Diese Ausdehnung darf eine gewisse Grenze nicht überschreiten.

Verwende nur reinfarbigen Zement, der nach dem Erhärten weder gelbe und rostbraune Flecken zeigt, die auf Schwachbrand zurückzuführen sind; ebensowenig darf er Ausblühungen von Salzen aufweisen.

Lege bei der Prüfung des Portlandzementes die vom Verein deutscher Portlandzement-Fabrikanten herausgegebenen und vom Minister der öffentlichen Arbeiten in Preußen gutgeheißenen Normen zu Grunde.

Mache es bei wichtigeren Arbeiten, wenn es irgendwie zu ermöglichen ist, zur Regel, nur solchen Zement zu verwenden, von dem du 14tägige Wasserproben besitzest.

Lege zu diesem Zweck den Zement in einen passenden Raum zur Lagerung, entnimm die Proben sofort nach Eintreffen einer Lieferung und verwende immer den ältesten auf Lager befindlichen Zement.

Gieße von dem zu prüfenden Zement Kuchenproben, die du nach 24 Stunden in reines Wasser legst, um sie darin 27 Tage zu halten.

Prüfe sie nach dieser Frist, ob sich Treiberscheinungen an den Kuchen wahrnehmen lassen. Treiber erkennt man an der Verkrümmung des Kuchens und an von den Kanten nach der Mitte zu verlaufenden Rissen. Risse, welche im Innern des Kuchens entstehend nach den Kanten zu sich schließen, sind auf Schwinden des Zementes zurückzuführen und machen ihn nicht treibverdächtig.

Wenn möglich, lasse von dem Zement mit Normensand sofort nach Eintreffen der Lieferung Zugfestigkeitsproben im Verhältnis 1 : 3 einschlagen und zerreiße sie nach 7 und 14 Tagen. Wenn die 14 Tage-Proben keine höheren Festigkeiten aufweisen als die 7 Tage-Proben, so ist es ratsam, die 28 Tage-Proben abzuwarten, bevor der Zement verwendet wird.

Verwende nie eine neue, dir noch unbekannte Zementmarke, bevor du dieselbe nicht auf ihre Güte hast prüfen lassen.

Mache dich auch sonst mit den Eigenschaften des von dir verarbeiteten Zementes vertraut, so mit seiner Abbindezeit und vor allem mit seiner Druckfestigkeit. Die Beschaffung der Vorrichtung zur Feststellung der Druckfestigkeit ist leider noch mit ziemlich hohen Kosten verbunden, sodaß es nicht jedem Betonunternehmer möglich ist, selbst Druckfestigkeitsbestimmungen vorzunehmen.

Bedenke aber, daß der Beton fast ausschließlich auf Druck beansprucht wird, und versäume infolgedessen nicht, von Zeit zu Zeit den Zement sowohl in Mischung mit Sand, als auch mit Sand und Kies auf Druckfestigkeit prüfen zu lassen.

Sende zu diesem Zweck gute Durchschnittsproben des von dir verarbeiteten Sandes und Kieses mit dem Zemente an das Laboratorium für Tonindustrie von Professor H. Seger & E. Cramer, Berlin NW. 21, Dreysestraße 4, welches mit den zur Prüfung nötigen Vorrichtungen bestens versehen ist.

Beachte, daß der Zement durch ungeeignete, d. h. nicht vollkommen trockene Lagerung nicht nur am Abbindevermögen Einbuße erleidet, sondern daß er auch durch Bildung von Knötchen der vollkommenen Mischung mit Sand und Kies Hindernisse in den Weg legt.

Betraue mit der Verwaltung des Zementlagers einen zuverlässigen Mann, der täglich nur soviel Zement an die Arbeiter abgibt, als voraussichtlich an einem Tage verarbeitet wird.

Unterrichte den Lagerarbeiter dahin, daß er streng darauf zu sehen hat, jeden Abend vor Schichtschluß von den Betonarbeitern genau so viele leere Säcke oder Fässer zurückzuverlangen, als er ihnen bei Beginn der Arbeit volle Säcke bezw. Fässer ausgehändigt hat.

Veranlasse ihn, angebrochene Fässer und Säcke zuzubinden bezw. zuzudecken, an einen gesonderten Platz des Lagers zu verbringen und am nächstfolgenden Tage vor allen anderen an die Arbeiter zu verabfolgen.

Mache ihn für die richtige Ablieferung der leeren Fässer und Säcke verantwortlich, denn

1. kosten die Fässer und Säcke Geld und
2. ist es eine Rücksichtslosigkeit der Zementfabrik gegenüber, das teuere Packmaterial verkommen zu lassen oder mutwillig zu beschädigen.

## Der Sand.

Verwende zur Mörtel- und Betonbereitung nur einen für diese Zwecke in jeder Hinsicht geeigneten Sand.

Halte bei der Beurteilung eines Sandes folgende Reihenfolge ein: Mechanische Festigkeit, Reinheit, Korngröße, Kornbeschaffenheit.

Bedenke, daß die mechanische Festigkeit des Sandes von entscheidendem Einflusse auf die Güte des Betons ist.

Schließe daher jede Sandsorte aus, deren Körner sich unter leichtem Drucke spalten oder zerreiben lassen, ebenso solche Sande, die von dem Wasser mürbe gemacht werden. Dazu gehören besonders gewisse Kalksande.

Ziehe reinen Quarzsand allen anderen Sanden vor. In Bezug auf Festigkeit dürften ihm die Dolomitsande am nächsten stehen.

Berücksichtige aber außerdem auch künstlich hergestellte Sande, welche als Abfälle der Pochwerke und Erzwäschen verkauft werden, selbstverständlich nur dann, wenn die Gangart aus mechanisch festem Gestein bestand.

Schließe alle Sande von der Verwendung aus, welche Lehm, Ton, Torf, Braunkohle, Pflanzenreste, Humus oder Schwefelkies enthalten.

Bedenke, daß im tonigen oder lehmhaltigen Sande die in ihm enthaltenen feinen, aufgeschlämmten Tonteilchen die Sandkörner einhüllen, wodurch der Zement verhindert wird, in unmittelbare Berührung mit dem Korn zu kommen.

Mißtraue den in neuerer Zeit vielfach auftretenden Aeußerungen über die Unschädlichkeit der tonigen Beimengungen. Sie stützen sich vorläufig

nur auf Laboratoriumsversuche und können vielleicht bei ganz bestimmten Sanden bis zu einem gewissen Grade richtig sein.

Bedenke aber, daß sich nicht ein Sand wie der andere verhält und daß eine geringe Beimengung von Ton bei dem einen unschädlich, bei dem anderen geradezu verderblich werden kann.

Vergiß auch nicht, daß es vorläufig noch niemand gewagt hat, anzugeben, bis zu welcher Höhe des Tongehaltes schädliche Wirkungen unter keinen Umständen zu befürchten sind.

Halte also an der alten Anschauung fest, bis die neuere durch langjährige Erfahrung gestützt werden kann.

Erinnere dich bei der Beurteilung eines Sandes daran, was du über die Einwirkungen organischer Stoffe auf Portlandzement in den Fachblättern gelesen hast.

Beachte vor allem, daß die in ihnen enthaltenen Säuren, z. B. die Humussäure, zerstörend auf den erhärtenden Zement wirken, indem sie sich mit dessen Kalk zu Salzen vereinigen. Dadurch wird eine unter Umständen bis zur gänzlichen Zerstörung gehende Auflockerung des Gefüges herbeigeführt.

Beachte, daß Humus (Ackererde, Mutterboden) am reichsten an solchen schädlichen Säuren ist und infolgedessen die Zerstörung des Mörtels am schnellsten bewirkt.

Bedenke, daß Torf ähnlich, wenn vielleicht auch langsamer wirkt. Auch die schädliche Einwirkung der Braunkohlenteilchen auf Zementmörtel ist zweifellos festgestellt. Sie ist ebenfalls auf die Entstehung organischer Säuren zurückzuführen.

Vermeide strengstens die Verwendung schwefelkieshaltigen Sandes, weil der Schwefelkies sich mit dem Kalk des Zementes nach und nach zu Gips umsetzt, wobei eine ganz bedeutende Raumvermehrung eintritt, die zur sicheren Zerstörung des Mörtels führt. Noch gefährlicher wirkt Schwefelkies bei Gegenwart organischer Säuren, welche die Umsetzung mit dem Kalk wesentlich begünstigen.

Prüfe den dir zur Verfügung stehenden Sand auf Reinheit, indem du ihn in einem Becherglase mit reinem Wasser anrührst und beobachtest, ob das Wasser klar bleibt, sich nur mäßig trübt oder eine starke Trübung aufweist.

Verwende den Sand, die Abwesenheit von Schwefelkies vorausgesetzt, ohne weiteres, wenn bei diesem Versuche das Wasser klar bleibt.

Wiederhole den Versuch bei nur mäßiger Trübung des Wassers mit einer etwas größeren Menge in einem Schlämmtrichter und schließe den Sand von der Verwendung aus, wenn sich ihm durch das Wasser mehr als 10 i. H. Gewichtsteile entziehen lassen.

Benutze keinen Sand, der das Wasser bei dem Schlämmversuche stark trübt, insbesondere keinen solchen, bei dem sich organische Stoffe

bei dem Aufrühren mit Wasser über dem sich wieder setzenden Sand absondern.

Untersuche deinen Sand unter Zuhilfenahme einer großen Lupe auf die Gegenwart von Schwefelkies, den man leicht an seiner goldgelben, metallglänzenden Oberfläche erkennt.

Beachte, daß du einen unreinen Sand, immer die Abwesenheit von Schwefelkies vorausgesetzt, durch Waschen für deine Zwecke verwendbar machen kannst.

Beachte aber auch, daß das Waschen des Sandes mit bedeutenden Unkosten verbunden ist, und daß es nur dann von Vorteil ist, wenn genügende Wassermengen zur Verfügung stehen.

Bedenke, daß es nur in den wenigsten Fällen wirtschaftlich sein dürfte, dem Wassermangel dadurch abzuhelfen, daß man das von der Sandwäsche ablaufende Wasser in Klärteichen wieder verwendbar macht.

Berechne genau, bevor du zu derartigen Hilfsmitteln deine Zuflucht nimmst, ob du doch nicht billiger fährst, wenn du dir einen entsprechenden Sand aus größerer Entfernung beschaffst.

Beachte, daß die Korngröße des für Betonarbeiten sowie für die Herstellung von Mörteln überhaupt verwendeten Sandes von ebenso großer Wichtigkeit ist als die Kornbeschaffenheit.

Mache bei der Auswahl des Sandes einen scharfen Unterschied in Bezug auf seinen Verwendungszweck, ob zu Beton, Eisenbeton, Rauhputz oder Feinputz.

Beachte, daß bei gewöhnlichem Stampfbeton der Sand möglichst grobe Körner, vermischt mit allen Arten kleinerer Körner, enthalten soll.

Berücksichtige, daß bei Eisenbeton die höchstzulässige Korngröße von der Entfernung und gegenseitigen Lage der Eiseneinlagen abhängig ist, indem die Korngröße unbedingt hinter der geringsten Entfernung zweier in gleicher Richtung verlaufender oder in parallelen Ebenen liegender Stäbe oder eines Stabes von der Betonoberfläche zurückbleiben muß.

Erwäge, daß bei Rauhputz der Sand nicht zu fein sein darf, damit die Oberfläche auch wirklich rauh erscheint, daß er aber auch nicht so grob sein darf, daß durch Herausfallen großer Stücke Löcher in der Schaufläche entstehen.

Verwende zu Feinputz dagegen Sand, der keine groben Körner über 2 mm Durchmesser enthält, weil es sonst unmöglich ist, wirklich glatte Oberflächen zu erzielen. Ganz besonders gilt dies, wenn mit dem Zieheisen bei Herstellung von Fassaden eine Formgebung des Putzanwurfes erzielt werden soll.

Beachte aber, daß kein Sand, zu welchem Zwecke er immer auch verwendet werden soll, eine gleichmäßige Körnung aufweisen darf.

Ziehe daher diejenigen Sande vor, deren Körner bis zu der höchst zulässigen alle Größen vom feinsten Korn aufwärts aufweisen.

Beachte, daß derjenige Mörtel am dichtesten ist, der nach dem Erhärten die wenigsten Hohlräume aufweist.

Erwäge, daß es Aufgabe des Zementes ist, die im Sande befindlichen Hohlräume anzufüllen, und daß es nicht möglich ist, eine höhere Dichtigkeit und Druckfestigkeit des Mörtels dadurch zu erzielen, daß man dem Mörtel mehr Zement zuführt, als er bei dichtester Lagerung der Sandkörner in den von diesen gelassenen Hohlräumen aufzunehmen vermag.

Stelle dir vor, daß durch das Einstampfen die Sandkörner ihre engste Aneinanderlagerung erfahren und daß die Mischung aus Wasser und Zement nur so weit von dem Mörtel beim Einstampfen aufgenommen wird, als Platz dafür in den Hohlräumen vorhanden ist.

Beachte, daß mehr Zementbrei, als in den Hohlräumen Platz hat, beim Einstampfen aus der Mörtelmasse herausgepreßt wird, also nicht mehr zur gleichmäßigen Wirkung in der Mörtelmasse gelangen kann.

Schließe daraus, daß du bei gleicher Mörtelfestigkeit und Dichte um so weniger Zement zusetzen mußt, je weniger Hohlräume dein Sand aufweist.

Beachte aber, daß bei gleichmäßigem Korn der Prozentsatz der Hohlräume ein viel größerer sein muß als bei gemischtem Korn, in welchem sich die kleineren Körner in die Hohlräume legen, welche zwischen der nächst größeren Kornsorte verbleiben.

Prüfe daher deinen Sand auf die in ihm enthaltenen Hohlräume auf folgende, höchst einfache Weise:

Fülle ein Meßgefäß von 100 l Inhalt bis zu seinem Rande mit einem guten Durchschnitte des trocken zu prüfenden Sandes.

Ermittle das Nettogewicht dieser Sandmenge und teile es durch das spezifische Gewicht des Sandes 2,6. Die gefundene Zahl gibt den wahren Rauminhalt des Sandes an.

Ziehe den wahren Rauminhalt von 100 ab, woraus sich der in 100 l enthaltene Hohlraum in Litern ergibt.

Versuche, ob du nicht durch Mischung verschiedener Sande einen gegebenen Sand in Bezug auf den Prozentsatz seiner Hohlräume verbessern kannst.

Setze z. B. einem sehr grobkörnigen Sand mit 60 i. H. Hohlräumen 60 i. H. eines feineren Sandes zu, wodurch es dir gelingen wird, vielleicht 30—40 i. H. Hohlräume herauszubekommen und somit 20 bis 30 i. H. Raumteile Zement zu sparen, ohne daß der Mörtel an Dichtigkeit und Festigkeit abnimmt.

Vergiß aber nicht, von derartigen Mischungen immer Druckfestigkeitsproben anfertigen zu lassen, da selbstverständlich auch hier eine untere Grenze vorhanden ist, indem der Zement nicht nur die Hohlräume füllen, sondern, wenn er voll und ganz zur Wirkung gelangen

soll, auch jedes einzelne Sandkorn mit einer dünnen Schicht überziehen muß.

Bedenke aber, daß bei sehr feinen Sanden mit sehr wenig Hohlräumen der Zementzusatz so gering werden kann, daß der Zement nicht mehr zureicht, sämtliche Sandkörner einzukleiden

Beachte, daß schon allein aus diesem Grunde die feinen Sande, wenn es sich um Erreichung höherer Festigkeiten handelt, nicht vorteilhaft zu verwenden sind, es sei denn, es handelt sich um Gußbeton, bei dem eine Einschränkung der Hohlräume nicht in dem Maße stattfindet, als beim eingestampften Beton.

## Der Kies.

Bedenke, daß den Raumteilen nach der weitaus größere Teil des Betons aus Kies oder aus dem diesen ersetzenden Kleinschlage oder Schotter besteht. Wende daher auch auf die Auswahl der Füllstoffe äußerste Sorgfalt.

Laß dich vor allen Dingen nicht etwa dadurch verleiten, einigen weniger guten Kies zu verwenden, weil dieser gerade günstig in Bezug auf die Anfuhr gelegen ist. Etwaige Mißerfolge könnten unter Umständen Geldausgaben veranlassen, gegen welche die Frachtkosten für einen besseren Kies gar nicht in Vergleich zu stellen sind.

Beachte, daß die Zuschlagstoffe mindestens eben so große Druckfestigkeit aufweisen müssen als der mit ihnen im Beton in Wirkung tretende Zementmörtel.

Schließe daher alle weichen und widerstandsunfähigen Gesteine von der Verwendung aus, vor allen Dingen auch solche, welche die unangenehme Eigenschaft besitzen, in Berührung mit Wasser oder im feuchten Boden mürbe zu werden. (Dazu gehören gewisse Kalksteine und Tonschiefer.)

Vermeide auch solche Gesteine, welche eine starke Wasseraufsaugefähigkeit besitzen, da es bei ihrer Verarbeitung sehr schwierig ist, den Mörtel vor dem vorzeitigen Austrocknen zu bewahren.

Verarbeite solche Stoffe nur im Notfalle im wassersatten Zustande.

Unterscheide die Zuschlagstoffe in eigentlichen Kies, Schotter, d. h. künstlichen durch Zertrümmern von Gesteinen hergestellten Kies, Schotter aus Ziegelsteinen und endlich Schlacke.

Ziehe im allgemeinen die Grubenkiese den Flußkiesen vor.

Beachte, daß in beiden Fällen der Hauptbestandteil des Kieses aus Quarz oder aus festen Silikatgesteinen bestehen soll, und daß die verunreinigenden Beimengungen einen gewissen Prozentsatz nicht übersteigen dürfen.

Bewerte einen Kies außer nach der mechanischen Festigkeit seiner Bestandteile nach dem Mischungsverhältnisse, in welchem die einzelnen Korn-

größen vertreten sind und merke, daß gerade in dieser Hinsicht der Grubenkies dem Flußkies voransteht.

Ziehe aber auch den Umstand in Betracht, daß der Kies aus raschströmenden Gewässern im allgemeinen reiner zu sein pflegt als Grubenkies.

Beachte dagegen, daß Kies aus stehenden oder langsam strömenden Wasserläufen meistens stark durch Sinkstoffe verunreinigt ist. Durch das Aufwühlen mit den Baggern und auf dem Wege vom Grunde bis zur Wasseroberfläche tritt allerdings eine teilweise Reinigung ein.

Ziehe diejenigen Schotter vor, welche aus den härtesten und dichtesten Gesteinen bereitet sind. Dazu gehören Granit, Gneis, Quarzit, Grauwacke, Grünstein, Basalt und Dolomit.

Stelle in Bezug auf die Bewertung als Betonfüllstoff die Kalksteine hinter die eben erwähnten Gesteinsarten.

Beachte aber, daß ihre mechanische Festigkeit eine sehr wechselnde ist, und daß damit auch ihre Dichte und Wasseraufnahmefähigkeit zusammenhängt.

Nimm nur in Ermangelung besserer Gesteine deine Zuflucht zu Sandsteinschotter.

Bedenke, daß dieser nur verhältnismäßig geringe Festigkeiten aufweisen und daß 1 cbm davon oft den zehnten Raumteil Wasser aufnehmen kann.

Mache, da es auch ausnahmsweise günstigere Sandsteine besonders in der Triasformation gibt, stets Festigkeitsversuche, wenn du derartige Sandsteine zu verwenden gezwungen sein solltest.

Beachte, daß der aus Ziegeln hergestellte Schotter nur dann zuverlässig sein kann, wenn du mit Bestimmtheit weißt, daß er aus festen und dichten Klinkern erzeugt wurde.

Schätze aber wirklich guten Klinkerschotter als ganz vorzüglichen Betonfüllstoff, der sehr wohl zu ganz außerordentlich großen Festigkeiten Veranlassung geben kann.

Schließe Ziegelschotter von zweifelhafter Herkunft oder ungleichmäßiger Beschaffenheit von allen jenen Betonarbeiten aus, bei denen du für eine bestimmte Festigkeit Gewähr leisten mußt.

Benutze solchen Ziegelbruch nur zu untergeordneten, nicht tragenden Bauteilen.

Verwende Schlacken irgend welcher Art nur mit äußerster Vorsicht und nur dann, wenn andere Betonstoffe nicht zur Verfügung stehen.

Bedenke, daß es beinahe unmöglich ist, zwei verschiedene Schlacken in Bezug auf ihre Brauchbarkeit zu Betonarbeiten vom gleichen Gesichtspunkte aus zu beurteilen.

Benutze daher Schlacken nur dann als Zuschlag, wenn du dich erstens davon überzeugt hast, daß sie mit der Zeit nicht zerfallen, was entweder durch eingelagerten Kalk oder durch Zerrieseln der in der

Schlacke enthaltenen Kalksilikate bewirkt werden kann, und zweitens wenn du mit Bestimmtheit darauf rechnen kannst, daß die angelieferte Schlacke für den ganzen Bau von gleichmäßiger Beschaffenheit sein wird.

Schätze dagegen Kohlenschlacke als billigen und zweckentsprechenden Betonfüllstoff, wo es nicht auf Tragfähigkeit, sondern auf Leichtigkeit ankommt, wie bei unbelasteten Dächern.

Beachte, daß in Bezug auf die Reinheit des Kieses und Schotters dasselbe gilt, was bereits über die Reinheit des Sandes gesagt wurde.

Richte dein Augenmerk bei der Beurteilung der Brauchbarkeit eines Kieses des weiteren auf seine Korngröße, denn sie ist in vielen Stücken maßgebend, ob zu einer bestimmten Arbeit ein gegebener Kies verwendet werden kann.

Beachte, daß um so größere Gesteinstrümmer vorhanden sein dürfen, je massiger der aus Beton herzustellende Gegenstand ist.

Vergleiche, was über diesen Gegenstand unter der Ueberschrift „Einstampfen" später noch weiter angeführt werden wird.

Bedenke insbesondere, daß bei Eisenbeton im allgemeinen nur feiner Kies Verwendung finden kann, weil die einzelnen Körner sich leicht unter und zwischen die Einlagen stampfen lassen müssen, ohne daß sie dabei ihrer Mörtelumhüllung beraubt werden.

Beachte, daß eben so wie im Sand, möglichst alle Korngrößen im Kies oder Schotter enthalten sein sollen, damit eine möglichst gute und gleichmäßige Ausfüllung der Hohlräume stattfindet.

Bevorzuge daher Kiese, welche bereits soviel Sand zugemischt enthalten, daß ein weiterer Zusatz unnötig ist.

Unterrichte dich von dem Rauminhalte, der in 1 cbm Kies oder Schotter enthaltenen Hohlräume auf dieselbe Weise wie dies beim Sande angegeben wurde.

Verwende zu diesem Versuch einen Kubikmeter Kies.

Beachte, daß dir die Kenntnis dieser Eigenschaften schon darum von nöten ist, da sie als maßgebender Umstand für das Mischungsverhältnis in Frage kommen. Wie die Hohlräume des Sandes von Zement ausgefüllt werden sollen, sollen die Hohlräume des Zementes oder Kieses von Zementmörtel eingenommen werden.

Versuche, durch Mischen verschiedener Kiese ein möglichst günstiges Hohlraumverhältnis zu erzielen.

Beachte auch, daß bei der Schotterbereitung die Art der gebrochenen Gesteine auf die Korngröße von Einfluß ist.

Schätze in dieser Hinsicht besonders Gesteinsarten mit grobkörnigem Gefüge, weil diese beim Brechen verhältnismäßig große Mengen von Grus liefern, die in dem Schotter die Rolle des Sandes spielen.

Bedenke, daß solche Schotter dieselben Vorteile bieten, als die von Natur aus sandhaltigen Kiese.

Schenke dein Augenmerk auch der Kornbeschaffenheit des Kieses, wenn dieselbe auch weit weniger schwer ins Gewicht fällt, als man früher annahm.

Verwechsele in Bezug auf die Kornbeschaffenheit nicht das, was oben von derselben Eigenschaft des Mörtelsandes gesagt wurde, weil bei der weitaus größeren Oberfläche der Kiesstücke der Einfluß der Beschaffenheit der Oberfläche viel mehr zur Wirkung kommt als bei den kleinen Sandkörnern.

Beachte aber immerhin, daß der Zementsandmörtel an Kiesstücken mit rauher, unregelmäßiger Oberfläche besser haften wird als an runden Stücken mit glatter Oberfläche.

Berücksichtige aber andererseits, daß bei der Mischung des Betons mit der Maschine runde oder eiförmige Kiesstücke eben so günstig wirken, als wenn in der Mischtrommel Kugeln umlaufen würden.

Beachte des weiteren, daß rundliche Stücke beim Einstampfen dem Drucke des Stampfers leichter nachgeben und deshalb eher in noch vorhandene Hohlräume gleiten als eckige Stücke.

Beachte, daß du unter ungünstigen Verhältnissen in die Lage kommen kannst, den Betonkies waschen und unter Umständen sogar sortieren zu müssen.

Benutze zum Waschen nur reines Wasser, besonders aber nicht solches, in welchem feine Tonteilchen schwebend enthalten sind.

Beachte ferner, daß durch das Waschen des Kieses aus diesem auch Stoffe entfernt werden können, welche wertvoll für die Betonbereitung sind, nämlich die feinen Sandteilchen, von welchen um so mehr und um so gröbere beseitigt werden, je stärker der angewandte Wasserstrom ist.

Berechne vor der Anlage einer Kieswäsche genau, wie dies beim Sande betont wurde, ob es nicht unter Umständen wirtschaftlicher wäre, einen das Waschen nicht bedürfenden Kies aus größerer Entfernung zu beziehen.

Achte darauf, wenn du gezwungen sein solltest, deinen Kies der Korngröße nach zu sortieren, d. h. die eine gegebene Korngröße überragenden oder hinter derselben zurückbleibenden Stücke auszusondern, daß die Abfallkiese getrennt auf Haufen geführt werden.

Bedenke, daß besonders die herausgewaschenen feineren Teile unter Umständen beim Verputzen des Betonbauwerkes wieder Verwendung finden können, während die großen Stücke in massigeren Bauteilen vorteilhaft untergebracht werden können.

Berücksichtige, daß unter Umständen auf diese Weise ein Teil der Wasch- und Sortierungskosten wieder herausgeschlagen werden kann.

## Das Wasser.

Vergiß nicht, daß das Wasser ein eben so wichtiger Stoff für die Betonherstellung ist als Zement, Sand und Kies.

Verwende vor allen Dingen nur reines Wasser, welches frei von tierischen und pflanzlichen Fetten und Oelen ist (Abwasser von Dampfmaschinen), und das vollkommen klar ist und keine Tonteilchen und organischen Stoffe schwebend enthält.

Beachte ganz besonders, daß Wasser aus Moorboden infolge seiner saueren Beschaffenheit äußerst gefährlich ist und zur vollständigen Zerstörung des daraus bereiteten Zementmörtels führen kann.

Verwende auch kein kohlensäurehaltiges Wasser, da dasselbe ebenfalls von schädlichem Einflusse auf die Mörtelfestigkeit ist.

Schließe überhaupt sogenannte Mineralwasser als unbrauchbar aus.

Beachte dagegen, daß ein Gehalt von kohlensaurem Kalk keine schädlichen Einwirkungen zeigt, während gips- und magnesiahaltiges Wasser unbedingt von der Mörtelbereitung ausgeschlossen werden sollte.

Meide im allgemeinen auch die Anwendung von Meerwasser.

Sei in dieser Hinsicht aber auch nicht zu ängstlich, denn es ist ein großer Unterschied zu machen in der schädlichen Wirkung der im Meerwasser enthaltenen Salze, insofern dieses als Mörtelwasser in Betracht kommt, und andererseits für den Fall, daß die Betongegenstände im Meerwasser verbleiben.

Bedenke, daß die geringe Salzmenge, die in dem zur Betonbereitung verwendeten Meerwasser enthalten ist, ganz und gar verschwindet im Vergleich zu jenen Salzmengen, die auf die in das Meerwasser versenkten Betonstücke dadurch zur Einwirkung gelangen, daß sie beständig in demselben Maße ersetzt werden, wie sie bei der chemischen Wechselwirkung mit den Bestandteilen des Zementes verloren gehen.

Schätze das Regenwasser wegen seiner Freiheit von gelösten Stoffen als vorzügliches Mörtelwasser, aber nur dann, wenn es wirklich rein ist, d. h. wenn es in reinen Gefäßen aufgefangen wurde und nicht aus einer Industriegegend stammt. In Gegenden mit vielen Essen ist das Regenwasser meist schwefelsäurehaltig.

Verwende während der kalten Jahreszeit womöglich angewärmtes Wasser.

Bedenke dabei aber auch, daß angewärmtes Wasser unter Umständen dazu führen kann, daß der Mörtel rascher abbindet, als dir unter gegebenen Verhältnissen lieb ist.

Stelle die Betonarbeit ein, wenn das Thermometer unter $-3^{0}$ C. sinkt.

## c) Herstellung der Betonmischung.

Wähle das Mischungsverhältnis der den Beton zusammensetzenden Bestandteile so, daß letzterer möglichst dicht wird, d. h., daß annähernd alle Hohlräume darin ausgefüllt werden.

Beachte, daß das Gewichtsverhältnis der Rohstoffe ihrem Raumverhältnisse nicht entspricht.

Bedenke vor allem auch, daß allein ein Unterschied in dem Feuchtigkeitsgehalte von Kies und Sand von großem Einflusse auf das Gewicht dieser beiden Stoffe ist.

Mische daher bei kleineren Arbeiten und besonders dann, wenn es sich um sehr peinliche Ausführungen handelt, nur nach Gewichtsverhältnissen.

Benutze, wenn dies nicht möglich ist, für das Abmessen nach Raumteilen möglichst hohe, dafür aber schmälere Gefäße, weil sich bei diesen die Unterschiede zwischen Raum- und Gewichtsverhältnis am meisten ausgleichen.

Beachte bei der Mischung nach Raumverhältnissen, daß für denselben Rohstoff immer dieselben Meßgefäße oder doch solche von ganz gleichen Abmessungen und gleicher Form benutzt werden.

Achte ferner darauf, daß beim Einfüllen der Rohstoffe in die Meßgefäße entweder immer eingerüttelt oder immer lose eingefüllt wird.

Lasse die Meßgefäße immer gehäuft füllen und dann mit einem geraden Stück Flacheisen abstreichen.

Ueberzeuge dich von Zeit zu Zeit davon, daß die Meßgefäße noch den richtigen Rauminhalt besitzen.

Untersuche insbesondere Gefäße aus Blech, ob ihr Rauminhalt nicht durch Einbeulungen im Boden und in den Seitenwänden verringert wurde.

Ermittele, für den Fall, daß dir das Mischungsverhältnis nach Gewichtsteilen vorgeschrieben wurde, das Abmessen nach Gewichtsteilen aber nicht angängig ist, das Raumgewicht der zur Betonbereitung bestimmten Rohstoffe.

Verschaffe dir zu diesem Zweck eine gute Durchschnittsprobe des zu untersuchenden Kieses und Sandes.

Bestimme zu dieser Probe nacheinander beim Kies 6—10, beim Sand 3—5 mal das Gewicht eines Kubikmeters und berechne daraus den entsprechenden Durchschnittswert.

Setze bei der Umrechnung der Gewichtsverhältnisse in Raumverhältnisse für 1 cbm Portlandzement 1400 kg.

Ermittele ferner aus derselben Durchschnittsprobe die Menge der im Kiese enthaltenen Hohlräume, die mit Zementsandmörtel anzufüllen sind. Schlage 15 i. H. dazu, wodurch erzielt wird, daß in dem Beton die einzelnen Kiesstücke durch eine dünne Mörtelschicht voneinander getrennt sind.

Berechne den notwendigen Zementgehalt der Betonmischung aus den Hohlräumen des Mörtelsandes.

Verfahre also bei der Feststellung des Mischungsverhältnisses auf Grundlage der Hohlräume nach folgendem Beispiel:

1000 l Kies sollen 400 l Hohlräume enthalten, die durch Zementsandmörtel anzufüllen sind. Der zur Verfügung stehende Sand enthalte 35 i. H. Hohlräume. Damit jedes Sandkorn mit Zement umhüllt ist, werden 5 i. H. Zement mehr genommen, als den Hohlräumen des Sandes entspricht, also $35 + 5 = 40$ i. H. Auf 1000 l Kies kommen also 400 l Mörtel, vermehrt um 15 v. H., d. h. 60 l, im ganzen also 460 l Zementsandmörtel. Diese 460 l Mörtel entsprechen ebensoviel Liter Sand und dieser bedarf zur Füllung seiner Hohlräume $\frac{460 \cdot 40}{100} = 164$ l Zement. Das günstigste Mischungsverhältnis ist also 1000 l Kies auf 460 l Sand und 164 l Zement, oder weil 1 l Zement 1,4 kg wiegt $1{,}4 \cdot 164 = 230$ kg Zement.

Bemesse den Wasserzusatz unter Berücksichtigung der Wasseraufsaugefähigkeit der Zuschlagstoffe, der Luftwärme, des Wassergehaltes der Luft und der Verarbeitungsweise des Betons.

Beachte, daß ein zu großer Wasserzusatz das Abbinden verzögert und das Einstampfen unmöglich macht, weil der zu nasse Beton dabei seitlich ausweicht.

Bedenke ferner, daß bei sehr nassem Beton der Zement leicht von dem überschüssigen Wasser mit fortgeführt wird, wodurch der Beton an Festigkeit einbüßt.

Benutze flüssige Betonmasse nur dann, wenn es gilt, unter Zuhilfenahme rasch bindenden Zementes große Hohlräume, Risse oder Spalten möglichst schnell mit Beton anzufüllen, z. B. um starken Wasserandrang erfolgreich zu bekämpfen.

Beachte, daß der Stampfbeton um so dichter wird, je fester er eingestampft wird, und daß man mit dem Verdichten nicht über eine gewisse Elastizitätsgrenze der Betonmasse hinausgehen kann.

Erwäge aber, daß diese Elastizitätsgrenze um so eher erreicht wird, je nasser die Betonmasse ist.

Beachte daher, daß im allgemeinen die trockenste Betonmasse den dichtesten Stampfbeton gibt.

Beachte ferner, daß die Dichte des Betons dessen übrige schätzenswerten Eigenschaften, wie Wasserundurchlässigkeit, Zug- und Druckfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen äußere Angriffe in hohem Grade günstig beeinflußt.

Berücksichtige allerdings auch, daß der Wasserzusatz ein gewisses Mindestmaß nicht überschreiten darf, weil sonst das zur Hydratisation des Portlandzementes notwendige Wasser fehlt.

Prüfe die Betonmasse in dieser Hinsicht durch Zusammenpressen in der hohlen Hand. Beim Oeffnen der Hand darf sie nicht auseinanderfallen, ebensowenig wie sich beim Zusammenpressen der Hand Mörtel zwischen den Fingern herausdrücken lassen darf.

Beachte, daß bei Eisenbeton der Wasserzusatz etwas größer sein muß, damit beim Einstampfen zwischen den Eiseneinlagen und der Betonmasse keine Hohlräume zurückbleiben, wodurch die Haftfestigkeit zwischen Eisen und Beton beeinträchtigt und das Rostigwerden der Einlagen an den nicht von Beton dicht berührten Stellen hervorgerufen wird.

Berücksichtige aber auch hier, daß der Beton nicht so naß sein darf, daß er beim Einstampfen ausweicht.

## d) Mischen des Betons.

Mische, wenn es irgendwie angeht, besonders aber bei umfangreicheren Arbeiten, den Beton mit Hilfe einer erprobten Mischmaschine.

Beachte aber, daß es auch dann sehr zweckmäßig ist, die einzelnen Bestandteile nicht für sich in die Maschine einzuwerfen, sondern dieselben zuerst trocken möglichst innig mit einander zu mischen und in diesem Zustande der Mischmaschine zuzuführen.

Bevorzuge daher Mischmaschinen, bei welchen der Beton erst trocken durcheinander gearbeitet wird, bevor der Wasserzusatz erfolgt.

### Handmischung.

Wähle nur dann Handmischung, wenn es sich entweder nur um kleinere Ausführungen handelt oder wenn das Mischungsverhältnis sehr häufigen Aenderungen unterzogen wird.

Betätige die Handmischung auf einer sogen. Mischbühne, welche groß genug sein muß, um mindestens 1 cbm Beton auf einmal herzustellen.

Stelle aber für gewöhnlich nur Mischungen bis zu $^1/_2$ cbm Rauminhalt auf einmal her.

Gib der Mischbühne eine feste Unterlage, am besten aus kräftigen vierkantigen Balken, die nicht weiter als 50 cm voneinander entfernt liegen sollen.

Füge die Mischbühne selbst aus 5 cm starken Bohlen zusammen, die entweder mit Nut und Feder versehen oder wenigstens dicht gefugt sind.

Befestige diese Bohlen mittels eiserner Klammern auf den Unterlagsbalken und presse sie mit Hilfe solcher Klammern und starker Keile gleichzeitig fest an den Stoßfugen gegeneinander.

Sorge für eine möglichst glatte Oberfläche der Mischbühne, um das Durcheinanderschaufeln des Betons nicht zu erschweren.

Ordne die Mischbühne so an, daß von ihr die in Arbeit befindlichen Bauteile leicht zu erreichen sind, das Anführen der Betonrohstoffe aber auch keinen Schwierigkeiten begegnet.

Sorge dafür, daß sie gegen Ueberflutungen bei starken Regengüssen geschützt ist.

Betrachte als den vornehmsten Zweck der Mischung, daß jedes einzelne Sandkorn mit Zementbrei und jedes einzelne Kiesstück mit Zementsandmörtel umhüllt wird.

Beachte, daß dieses Ziel um so vollständiger erreicht wird, je gleichmäßiger die einzelnen Stoffe untereinander verteilt sind.

Mische zuerst ohne Wasserzusatz Sand und Zement möglichst gleichmäßig miteinander.

Füge dann erst den angefeuchteten Kies zu, wodurch zunächst erreicht wird, daß das Mörtelwasser nicht von den Kiesstücken aufgesaugt wird, wie dies der Fall wäre, wenn trockener Kies zur Verwendung käme.

Erwäge ferner, daß du dadurch erreichst, daß die trockene Mischung von Sand und Zement sich sofort an die feuchten Oberflächen der Kiesstücke legt.

Mische ohne weiteren Wasserzusatz vorläufig den Kies innig mit Sand und Zement und befeuchte ihn erst dann, wenn eine möglichst gleichmäßige Verteilung der drei Rohstoffe erzielt ist.

Betätige den Wasserzusatz nicht auf einmal, sondern nach und nach, damit sich nicht Knötchen zusammenballen, die dann später nur mühsam wieder gleichmäßig verteilt werden können.

Breite behufs Anfeuchtung die Mischung von Sand, Zement und Kies ungefähr 10 cm hoch gleichmäßig auf der Mischbühne in einem länglichen Viereck aus.

Benetze sie gleichmäßig mit Hilfe einer Gießkanne.

Stelle zwei mit Schaufeln versehene Arbeiter einander gegenüber an einem Ende der Mischung auf.

Wähle dazu einen sogen. Linkser.

Lasse die beiden Leute, an einem Ende der Mischung anfangend und langsam nach dem anderen Ende weitergehend, die Betonmasse durcheinander schaufeln.

Betätige dieses Durchschaufeln zwei- bis dreimal unter allmählichem weiteren Wasserzusatz.

Prüfe hierauf mit der Hand, ob der Beton die gewünschte Steifigkeit erreicht hat, und schaufle ihn dann auf die angegebene Weise noch zwei- bis dreimal durch.

Lasse die Mischbühne nach jedem fertiggestellten Satze sauber abkehren.

### Maschinenmischung.

Gehe bei der Wahl einer Mischmaschine von folgenden Gesichtspunkten aus:

Beachte, daß die Verbringung der Maschine von einem Platz zum anderen möglichst leicht bewerkstelligt werden kann.

Wähle also bei Bauten außerhalb deines Wohnortes fahrbare Maschinen, welche kein zu hohes Gerüst erfordern.

Stelle dagegen bei sehr umfangreichen Arbeiten nicht nur eine Mischmaschine auf, sondern errichte eine ganze, mit allen Errungenschaften der Neuzeit ausgestattete Betonbereitungsstätte.

Sorge in diesem Falle für selbsttätige Zufuhr der Rohstoffe, für ausreichende Pumpen zur Herbeischaffung des Mörtelwassers, für reichliche Geleisanlagen und genügende Betonfördergefäße.

Passe bei kleineren Arbeiten die Größe der Mischmaschine der täglich herzustellenden Betonmenge an, damit die ganze Arbeit Hand in Hand geht und sich weder unnötige Mengen fertiger Betonmasse ansammeln, noch es an solcher fehlt.

Betraue mit der Wartung der Maschine einen zuverlässigen Arbeiter.

Schärfe demselben ein, daß die Maschine nach Schluß jeder Schicht geöffnet und ihre Innenwände sowie alle mit dem Mischgute in Berührung kommenden beweglichen Teile sorgfältig gereinigt werden.

Sorge für möglichsten Schutz der Lager und Getriebe gegen Eindringen von Wasser, Staub und Mörtelmasse, damit deine Maschine nicht unter zu rascher Abnutzung leidet.

Achte auf ausgiebige Schmierung und sorgfältige Behandlung der Riemen oder Drahtseile für den Antrieb.

Nutze bei größeren Anlagen alle durch die Bodenverhältnisse gegebenen Vorteile aus, insbesondere nach der Richtung, daß alle unnötigen Beförderungswege für Rohstoffe und fertige Betonmasse vermieden werden.

Stelle die Antriebsmaschine, als welche sich am besten die fahrbare Lokomobile eignet, an einem geschützten Orte auf, und zwar so, daß weder die Kohlenanfuhr noch die Wasserversorgung Schwierigkeiten bereitet.

Ueberdache sie und schütze sie gegen die Windseite mit leicht beweglichen Wänden oder Vorhängen aus leichtem Segeltuch.

Beachte, daß große Betonmischmaschinen in sehr vorteilhafter Weise auch durch Gaskraftmaschinen angetrieben werden, die auf das Maschinengestell aufmontiert sind, wodurch viel Raum erspart wird.

Sorge für ein zweckentsprechendes Zementlager in nächster Nähe der Mischmaschine.

Wähle dazu aber einen möglichst hohen Punkt des Geländes, der sich durch Einlegung von Drainrohren in eine mindestens 30 cm hohe Kiesschicht leicht entwässern läßt.

Errichte über dieser Kiesschicht das Zementlager aus Holz mit doppeltem Pappdach.

Stelle den Fußboden desselben aus mit Nut und Feder versehenen Bohlen her, über welche eine gut übereinandergreifende Schicht aus Dachpappe gelegt wird.

Bringe über der Pappschicht eine zweite Lage gewöhnlicher schwacher Bretter an.

Errichte die Wände ebenfalls aus mit Nut und Feder versehenen Brettern und sorge für gutschließende Türen und Fenster.

Bringe die Fenster möglichst nahe unter dem vorspringenden Dache an, damit sie gegen Schlagregen geschützt sind.

Schichte die Zementsäcke nicht unmittelbar an den Wänden auf, sondern lasse zwischen Sackstoß und Wand einen Raum von mindestens 10 cm.

Ordne das Kies- oder Schotterlager möglichst nahe an der Mischmaschine an, weil du vom Kies am meisten brauchst und durch eine solche Anordnung an Beförderungskosten sparst.

## e) Das Einstampfen des Betons.

Benutze zur Herstellung der Schalungen und Stampfgerüste nur starkes und gesundes Holz.

Trachte danach, die Schalungen für oft wiederkehrende Bauteile so herzustellen, daß du sie möglichst oft benutzen kannst, wodurch erhebliche Mengen von Holz gespart werden.

Achte besonders bei Innenteilen von Bauwerken sowie solchen Außenwänden, welche nach dem Ausschalen nicht mehr verputzt werden, darauf, daß die Bretter der Schalung glatt abgehobelt sind und sie aus möglichst astfreiem Holze bestehen.

Verwende zum Anstreichen der Schalungen keine tierischen Oele, weil diese, wie ausgiebige Versuche erwiesen haben, den Zement angreifen, was Pflanzen- und Mineralöle nicht tun.

Ziehe aber überhaupt statt des Oelanstriches eine Einlage von grobem Papier vor.

Wenn irgend möglich, verwende für oft wiederkehrende Bauteile eiserne Schalungen, die in der Anschaffung ja teurer, im Gebrauche aber billiger sind.

Richte die Schalungen so ein, daß sie sich leicht entfernen lassen und daß bei dieser Arbeit der Beton möglichst wenig beschädigt wird.

Stelle häufig wiederkehrende und nicht unbedingt mit der Masse des ganzen Baues aufzuführende Bauteile, wie Brüstungen, Zierstücke usw., in eisernen Formen womöglich auf dem Bauplatze her und verbinde sie mit dem Beton des Gebäudes mit Hilfe eiserner Dübel.

Beachte, daß die Güte des Betonbauwerkes von der Sorgfältigkeit des Einstampfens in demselben Maße abhängt als von der Betonbereitung.

Vermeide daher das Vergeben der Stampfarbeit in Akkord.

Lasse die Stampfschichten höchstens 25 cm hoch machen, bei sehr peinlichen Arbeiten sogar nur 15 cm.

Schärfe deinen Leuten ein, mit dem Einstampfen einer Lage nicht eher aufzuhören, bis die Betonmasse an der Oberfläche zu schwitzen beginnt.

Beachte aber, daß bei sehr trockenen Betonmischungen dieses Schwitzen nicht immer zu erreichen ist.

Lasse in diesem Falle so lange stampfen, bis eine weitere sichtbare Raumverminderung nicht mehr erzielt wird.

Beachte besonders bei Eisenbetonbauten, daß sämtliche Hohlräume mit Beton angefüllt werden, und daß die Eiseneinlagen an allen Stellen in engste Berührung mit dem Beton gelangen.

Reinige die Eiseneinlagen vor dem Einbetten von losem Rost und anhaftendem Schmutze, denn der Beton haftet nur am reinen Eisen.

Schütze bei heißer Witterung die frischgestampfte Fläche sofort durch Ueberdeckung mit nassen Tüchern gegen die aufsaugende Einwirkung der Sonne.

Teile beim Einstampfen großer Flächen, wie Decken- oder Brückengewölben, die Arbeit so ein, daß am Ende der Tagesschicht auch eine Stampfschicht vollendet ist.

Beachte insbesondere beim Einstampfen von Brückenbogen oder anderen Gewölben, daß überall da gefährliche Fugen entstehen, wo sich an den bereits erhärteten Beton des vorangegangenen Tages der frisch aufgestampfte Beton des neuen Tages anschließt.

Stampfe daher Brückenbogen immer in Längsstreifen ein, welche du gleichzeitig an beiden Widerlagern beginnst und im Scheitel womöglich noch vor Unterbrechung der Arbeitsschicht schließest.

Mache diese Längsstreifen nur so breit, daß sie in einem Tage vollendet werden können.

Stampfe bei Gewölben immer in der Richtung der Druckwirkung ein.

Rauhe die Oberfläche einer fertig gestellten Betonschicht stets auf, bevor du die zweite Schicht darauf stampfst, damit eine möglichst innige Verbindung der beiden Schichten entsteht.

Entferne losgerissene Kiesstücke oder Schottersteine durch sauberes Abkehren.

Uebergieße hierauf die Oberfläche mit flüssigem Zementmörtel und bringe dann erst die nächste Schicht auf.

Gebrauche außerdem, wenn die Arbeit längere Zeit unterbrochen worden war, die Vorsicht, zu der ersten nach Wiederaufnahme der Arbeit aufzubringenden Schicht etwas feuchteren Beton zu verwenden.

Bette bei der Herstellung massiger Betonkörper große, gesunde Steinblöcke, mindestens 20 cm von der Außenfläche entfernt, ein und sorge dafür, daß sie vollständig dicht von Betonmörtel umgeben sind.

Benutze dazu auch die bei der Kiessortierung ausgeschiedenen zu großen Kiesstücke.

Sorge dafür, daß die groben Kiesstücke nicht an die Schaufläche treten, wenn das Bauwerk nachträglich nicht verputzt werden soll.

Entferne sie durch Zurückdrücken mit gabelförmigen Werkzeugen von der Nähe der Oberfläche, oder steche mit einer scharfen Schaufel von dem noch nicht erhärteten Beton eine 5—10 cm starke Schwarte nächst den Schalungsbrettern ab, und ersetze sie durch Mörtel aus Zement und Sand oder Zement, Sand und feinem Kies.

Verbinde diese Mörtelschicht mit der Betonschicht des Kernes durch sofortiges Einstampfen vor dem Erhärtungsbeginn des Kernbetons.

Beachte, daß man durch ein derartiges Verfahren, saubere Schalung vorausgesetzt, das Verputzen der Schauflächen des Betonbauwerkes ersparen kann.

Entferne die Schalungen nicht eher, als es unbedingt notwendig ist und der Beton genügend erhärtet ist, um mindestens seine eigene Last zu tragen.

Entferne aber alle jene Teile der Schalung möglichst bald, welche nicht gleichzeitig als Stütze für die Betonmasse dienen, weil dadurch das Erhärten des Betons befördert wird.

Beachte, daß bei denjenigen Bauausführungen, bei welchen der Beton durch Ziegelmauerwerk oder Werksteine verkleidet werden soll, die vorher aufgestellte Verkleidung vorteilhaft die Schalung ganz oder teilweise ersetzen kann.

Mache dich betreffs des Zeitpunktes, der Entfernung der Schalung und der Anforderungen an Betonbauten mit den diesbezüglichen ortspolizeilichen Bestimmungen bekannt und schärfe deinem Bauleiter ein, sich genau danach zu richten.

## f) Behandlung fertiger Betonbauten.

Schütze die frisch ausgeschalten Betonbauten während der ersten Zeit ihrer Erhärtung gegen die Unbilden der Witterung sowie gegen die unmittelbare Sonnenbestrahlung.

Verhüte das Austrocknen des erhärtenden Betons durch fleißiges Besprengen mit reinem Wasser.

Schütze den Beton gegen die Wirkung von Frost durch Bedeckung mit hohen Lagen Stroh oder Heu. Auch das Bedecken mit Pferdemist hat sich gut bewährt, indem die durch das Faulen des Mistes erzeugte Wärme ausgenutzt wird.

Begegne den vielen angepriesenen Frostschutzmitteln, welche der Betonmischung zuzusetzen sind, mit Mißtrauen, da sie meistens Salze enthalten, welche zu Ausblühungen Veranlassung geben können.

Merke dir, daß man dem Gefrieren des Betons durch einen Zusatz von vielleicht 5 i. H. Kochsalz zum Anmachewasser mit Erfolg begegnen kann.

Erwäge aber auch, daß sich ein solcher Zusatz nur da empfiehlt, wo das Aussehen der Schauflächen dadurch nicht beeinträchtigt werden kann.

Vermeide das Betreten frischen Betons sowie jede unnötige vorzeitige Belastung.

Beobachte das Bauwerk während seiner Erhärtung sorgfältig in Bezug auf die Entstehung von Rissen, auf ungleichmäßiges Setzen, auf die Bildung von Ausschlägen oder das Vorhandensein schlecht oder langsam erhärtender Stellen, soweit solche an der Oberfläche festzustellen sind.

Entferne solche schlechten Teile und ersetze sie, nachdem die Wände des durch das Aushacken entstehenden Loches angenäßt und mit flüssigem Zementsandmörtel überzogen wurden, durch frischeingestampften Beton.

Versuche, sich bildende Ausschläge mit verdünnter Salzsäure abzuwaschen, vergiß aber auch nicht, die überschüssige Säure durch sorgfältiges Waschen mit reinem Wasser zu beseitigen.

Versiehe, wenn du dich gegen alle jene Schäden versichern willst, welche die Wirkungen der atmosphärischen Niederschläge auf den Schauflächen des Bauwerkes hervorrufen können, diese letzteren mit einem Anstrich von Keßlerschen Fluaten und zwar benutze zu diesem Zwecke Magnesiafluat

# Sachregister.

Die mit * versehenen Zahlen geben die Seite an, auf welcher sich die das Stichwort betreffenden Bilder befinden.




Betonmischmaschinen
von hoher Leistungsfähigkeit.
Die mit diesen Maschinen hergestellten Mischungen zeichnen sich durch große Gleichmäßigkeit und Dichtigkeit aus und erfahren eine weitgehende Versteinerung.
Kieswaschmaschinen. Sortiertrommeln.
Zerkleinerungs-Maschinen jeder Art.
Vollständige Einrichtungen
für
Zementwerke, Kunststeinfabriken usw.
FRIED. KRUPP AKT.-GES.
GRUSONWERK
Magdeburg-Buckau.

Druck von Arthur Scholem, Berlin C., Roß-Straße 3.



